

KINALI KEKLİK YETİŞTİRME TESİSİNE RÜZGÂR VE GÜNEŞ BİRLEŞİK GÜÇ SİSTEMİNİN UYGULANMASI

Ersin Akyüz¹
akyuz11@gmail.com

Can Coşkun¹
dr.can.coskun@gmail.com

Zuhal Oktay^{1,2 *}
zuhal.oktay@gmail.com

¹ Balıkesir Üniversitesi,
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,
Makine Mühendisliği Bölümü,
10100 Çağış Kampus – Balıkesir

² Rize Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi,
Enerji Sistemleri Mühendisliği, Rize

ÖZET

Bu çalışmada; rüzgâr ve güneş birleşik güç sistemi kullanacak bir tesis için boyutlandırma, projelendirme, kurulum ve işletilmesi süreci detaylı bir biçimde incelenmiştir. Birleşik güç sisteminin kurulduğu ve gerekli ölçümelerin sağlandığı yer Balıkesir ili Bigadiç ilçesinde bulunan Kınalı Keklik üretim tesisiidir. Bu çalışmada ayrıca, analiz sonuçları gerçek sistem verileriyle karşılaştırılmıştır. Optimizasyon sonrasında kurulacak birleşik güç sisteminin bileşenleri şu şekilde belirlenmiştir: 1 kWp gücünde fotovoltaik panel, 10 kW gücünde yerli yapım rüzgar turbini, 48 kW depolama kapasitesinde kuru tip aküler, 5 kW kapasiteli evirici (dönüştürücü), ölçümelerin kaydedilmesi için dataloger sistemi ve meteorolojik ölçüm istasyonu. Ölçüm verilerinin analizi sonrasında incelen dönem için, rüzgar turbini kapasite kullanım oranı %4,7 ile %14,2 arasında fotovoltaik sistem içinse %15,4 ile %25,2 arasında değiştiği gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir enerji uygulamaları, fotovoltaik sistem, rüzgar turbini, birleşik enerji sistemi, sistem yük tayini

Application of Hybrid Wind-Solar Energy System to District Partridge Production Facility

ABSTRACT

Sizing, design, installation and operation of the hibrid wind and solar power system for a facility are examined in detail in this study. Hibrid power system was installed and measurements were provided from Balıkesir province Bigadiç district partridge production facility. Analysis results were compared with actual system data. After optimization of hibrid power system, system components were determined as follows; photovoltaic panels of 1kWp power, a domestic 10kW power wind turbine, dry cells with capacity of 48kW, a transformer with capacity of 5kW, a data logger system for recording the measurements and a meteorological measurement station. Within the period of analysis, the capacity utilization rate varied between 4.7% and 14.2% for wind turbine; 15.4% and 25.2% for photovoltaic system.

* İletişim Yazarı

Geliş tarihi : 01.12.2011
Kabul tarihi : 26.03.2012

Akyüz, E., Coşkun C., Oktay, Z., 2012. "Kınalı Keklik Yetiştirme Tesisine Rüzgâr ve Güneş Birleşik Güç Sisteminin Uygulanması," TMMOB MMO Mühendis ve Makina Dergisi, cilt 53, sayı 626, s. 56-65.

1. GİRİŞ

Son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı üzerine Türkiye'de birçok yatırım ve inceleme çalışması hız kazanmıştır. Yapılan çalışmalar ana eksen olarak güneş ve rüzgar enerji sistemleri üzerinde yoğunlaşmaktadır. Literatürde birleşik güneş ve rüzgar enerji sistemleri konusunda yapılan çalışmalar dört ana başlık altında toplanabilir; Sistemlerin tasarım ve kurulumu [1,2], optimizasyonu için modelleme ve boyutlandırma [3-19], ekonomiklik incelemeleri [20-23] ve pratik saha uygulamaları [24-26].

Yenilenebilir enerji kaynaklarının büyük hayvan çiftliklerde kullanımı üzerine ilgili Balıkesir bölgesinde artan bir hızda devam etmektedir. Bu bağlamda hayvan çiftlikleri sahipleri bulundukları bölgenin fizibilite çalışması için birçok farklı kuruma başvurmaktadırlar. Çiftlik sahiplerin maliyetlerini düşürme konusunda bu tür yenilenebilir enerji sistemlerinden yararlanmak istemeleri bizi bu konuda detaylı analizler ve çalışmalar yapmaya sevk etmiştir. Yapılan analizlerin pratikte ne ölçüde doğru sonuçlar verdığının tespiti açısından Balıkesir ili Bigadiç ilçesinde kurulan Kınalı Keklik Yetiştirme Tesisine güneş-rüzgar birleşik güç sisteminin kurulumunda teknik destek sağlanmıştır. Bu proje bir çevre programı olan GEF tarafından desteklenmekte olan bir projedir. GEF'in misyonu küresel çevrenin korunmasıdır. Yerel ile küresel çevre sorunları, ulusal ile uluslararası kaynaklar arasındaki bağı kurmayı amaçlamaktadır. Bu proje kapsamında Balıkesir ili Bigadiç ilçesinde Kınalı Keklik üretim tesisinde kullanılacak olan elektriğin yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanması için birleşik bir güç sistemi tasarlanmış ve kurulmuştur. Sistem kurulumu sonrasında alınan gerçek veriler, yapılan analizlerle karşılaştırılmış ve analizlerde eksik kalan kısımlar düzeltilmiştir. Bu sayede yapmış olduğumuz analizi desteyecek ve doğrulayacak gerçek anlamda çalışan bir sistem üzerinde çalışılmıştır.

Öncelikli olarak bu tür küçük sistem uygulamalarının tarım ve hayvancılık sektörüne odaklanması olmasının en önemli sebebi; Balıkesir ilinde hayvansal üretim potansiyelinin oldukça yüksek olmasıdır. Örneğin 75 Milyon civarında kümecs hayvani mevcuttur. İlin canlı hayvan varlığı içinde tavuk % 30'luk payla ikinci sırada yer almaktadır. Pazarlanan hayvansal ürün içinde ise beyaz et %54'lük payla birinci sırada bulunmaktadır. Balıkesir ili [27], hayvansal ürünler üretim değeri sıralamasında Türkiye'de birinci sırada ve toplam tarımsal üretim değeri sıralamasında üçüncü sırada yer almaktadır.

Genellikle çiftlikler için yer seçiminde enerji ihtiyacı düşünülerek şebeke hattına yakın yerler seçilmektedir. Bu durum ise arazi açısından ilk yatırım maliyetini artırmaktadır. Şebekeden uzak alanlar ise arsa fiyatlarının daha düşük olması nedeniyle tercih edilmekte; yenilenebilir

enerji sistemlerinin elverişli olduğu koşullarda uzak mesafelere de çiftlik kurulumları yapılmaktedir.

2. SİSTEM TANITIMI

Çalışmada ele alınan sistem “Alaçam Dağlarında Sürdürülebilir Yaban Yaşam” projesi kapsamında yaşama geçmiş çok amaçlı bir tesis konumundadır. Tesisin ilk hedefi sürdürülebilir bir yaşam unsuru olarak kınalı keklik yetiştirmeye ve bölgedeki kınalı keklik nüfusunu koruma amaçlı olarak kurulmuştur.

- Tesis, dokuz dönüm arazi içerisinde kurulu yaklaşık 180 m² kapalı alandan oluşmaktadır.
- Tesis, keklik alıştırma voleyeri, damızlıkhanе, kuluçka ve palaz büyütme, bakıcı odası gibi bölümlerden oluşmaktadır.
- Tesisin 2009 yılında ürettiği keklik sayısı yaklaşık 2000 adettir.
- Tesisin nihai hedefi toplam 9000 kekliğin yaşam alanına kazandırılmasıdır.

Kuluçka dönemi keklik yetiştirciliğinde oldukça önem taşımaktadır. Yumurtalar kuluçka makinesine konulduğundan 24 gün sonra civcivler çıkmaya başlamaktadır. Civcivler kuluçadan nisan sonu Mayıs başında çıkmaktadır. Bölge bu dönemde dış ortam sıcaklıklarını ısıtmayı gerekliliği kılmamaktadır. Bu sebepten ısıtma için ek bir enerji gereksinimi bölge için bulunmamaktadır. Kapalı alan ihtiyacı belirlenirken pratik bir değer olarak metre kare başına 14-18 adet civciv yetiştirebilmektedir. İncelenen sistem için metre kare başına 11.2 civciv yetiştirebilmektedir. Aynı şekilde toplam aydınlatma düzeyi pratik uygulamalarda m² ye 2-2.5 watt düzeyindedir. İncelenen sistem için bu değer m² ye 2 watt'tır.

2.1. Üretilen Elektriğin Sisteme Aktarımı

Güneş ve rüzgar türbinlerinden elde edilen elektrik, 5kW tam sinüs evirici yardımıyla istenen voltaj değerine düşürlmektedir ve akülerin şarj edilmesi sağlanmaktadır. PV sistemine bağlı olarak maksimum güç nokta izleyicisi (MPPT, maximum power point tracker) cihazı bulunmaktadır. Maksimum güç nokta izleyici cihazı sayesinde güneş ışının şiddetine bağlı olarak oluşan akım ve voltajdan en yüksek gücü elde edilmesi sağlanabilmektedir. Sisteme elektriğin iletilmesi aküler üzerinden olmaktadır. Akü grubuna bağlı olarak aşırı ve düşük şarjı engelleyen şarj kontrol ünitesi bulunmaktadır. Bu kontrol ünitesi sayesinde düşük şarj seviyesinde sisteme elektrik verilmesi kesilmekte, ayrıca yüksek şarj seviyesinde rüzgar turbinini ve güneş panelerinden gelen elektrik akımı topraklanmaktadır.

2.2. Tesis İçin Yük Profilinin Tespitİ

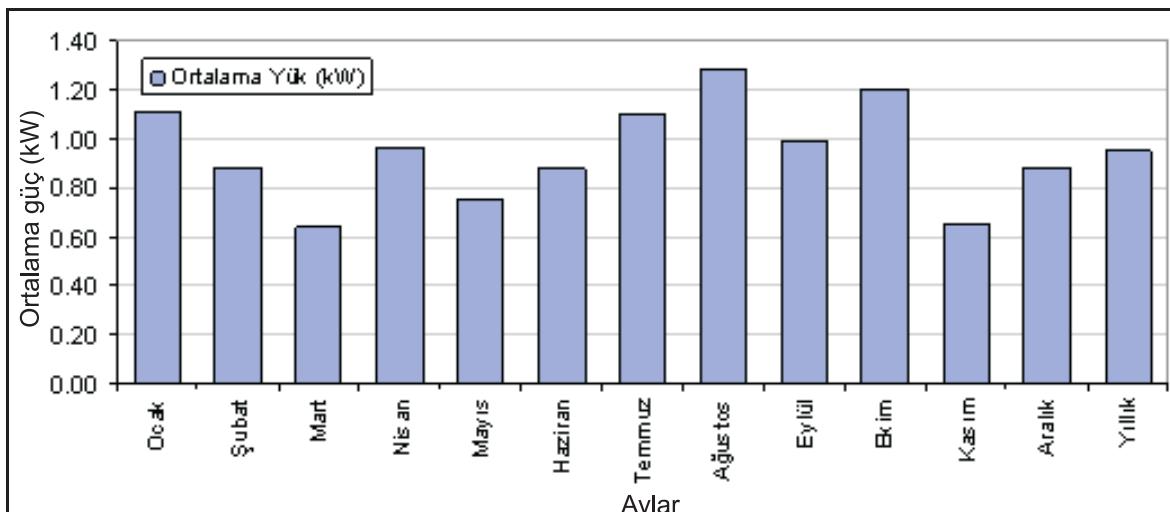
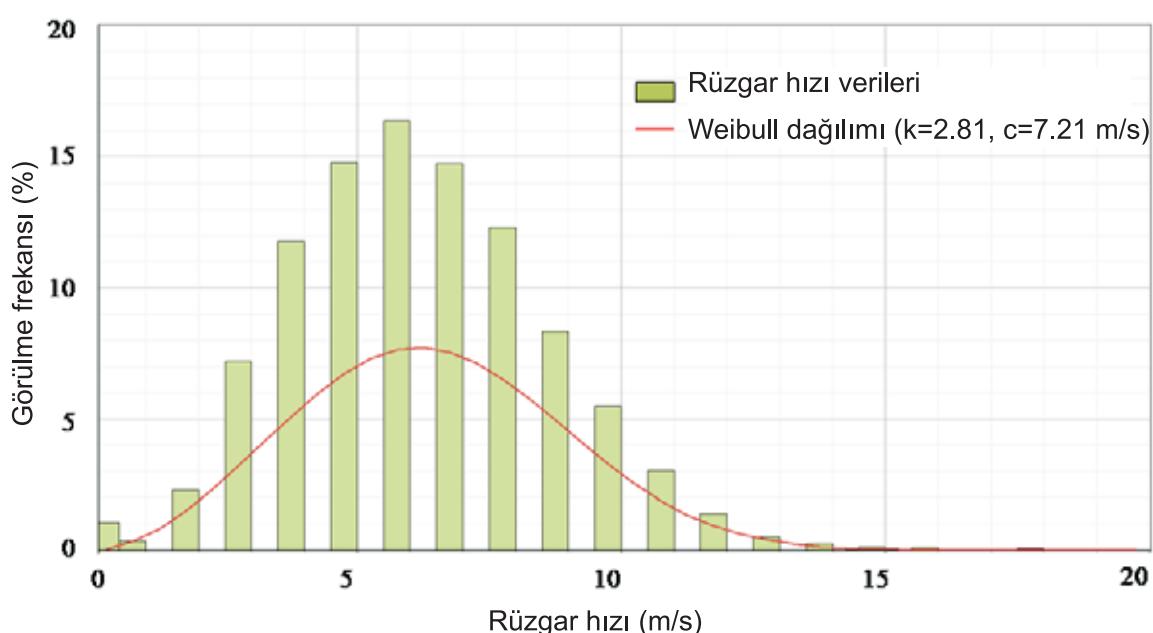
Tesis için gerekli elektrik enerji ihtiyacının tespitinde göz önüne alınan cihazların adet ve güç değerleri Tablo 1'de

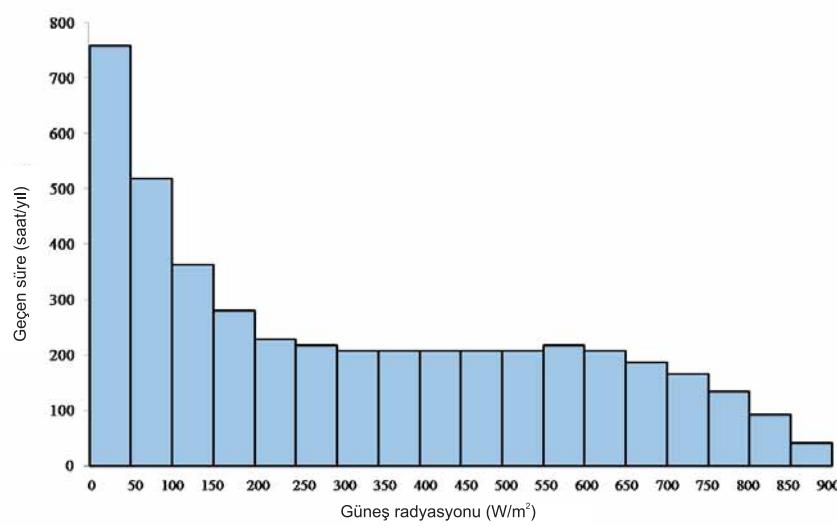
Tablo 1. Tesiste Kullanılan Cihazlar ve Elektriksel Güçleri

Cihazlar	Adet	Toplam Güç (W)
Kuluçka Makinesi	2	1300
Kuluçka Isıtma	1	500
Buzdolabı	1	250
Buzdolabı	1	200
İç Aydınlatma	3	108
Dış Aydınlatma	7	252

verilmiştir. Aylık temelde tesisdeki cihazların çalışma periyoduna bağlı olarak aylık temelde ortalama ne düzeyde bir enerji gereksinimi tespit edilerek Şekil 1'de verilmiştir.

Sistemde sadece elektrik enerjisi ihtiyacı bulunmaktadır. Elektrik gereksinimi de kuluçka makinesinin çalışması, aydınlatma ve gerekli bazı aşıların soğuk saklanması için soğutma gereksinimi bulunmaktadır. Hesaplamalarda aydınlatma m^2 başına 2 W olarak hesaplanmıştır. Kuluçka makinesinin gücüde toplamda 1.8 kW'dır. Sistem için maksimum anlık yük değeri 2.4 kW olarak öngörmüştür.

**Şekil 1.** Tesisin Aylık Temelde Anlık Ortalama Yük Profil Dağılımı**Şekil 2.** Bölge İçin Weibull Dağılımı ve Katsayıları



Şekil 3. Güneş Radyasyon Aralığına Bağlı Olarak Görülme Saat Değerleri

Şekil 1'den görüleceği üzere anlık ortalama güç gereksiniminin 0.6 ile 1.3 kW arasında değişeceği öngörlülmüştür. Yıllık temelde düşünüldüğünde ise bu değer yaklaşık 1 kW düzeyindedir.

2.3. Tasarım

Bu çalışmada yıllık enerji girdi değerlerinin belirlenebilmesi için uzun dönemli bölge için elde edilmiş olan rüzgar hızı ve güneş radyasyonu değerlerinin analizi gerçekleştirilmiştir. Bunun için rüzgar hızına bağlı Weibull dağılımı ve parametreleri tespit edilerek Şekil 2'de verilmiştir. Aynı şekilde güneş radyasyon aralığına bağlı olarak görülmeye peryodunu ifade eden grafik oluşturularak, Şekil 3'te verilmiştir.

Birleşik sistem için rüzgar turbini ve güneş paneli seçimi

yapılırken maliyet en önemli belirleyici olmuştur. En ekonomik kombinasyon için gerekli hesaplamalar yapılmıştır. Hesaplamalar sonrasında sistem için altı adet güneş panelinden oluşan toplamda 1 kWp gücünde fotovoltaik paneller ve 10 kW gücünde yerli yapım bir rüzgar turbini seçilmiştir. Toplamda yıllık 9296 kWh/yl enerji elde edilmesi tasarlanmıştır. Bu enerjinin %85.2'sinin rüzgar enerjisinden geriye kalan %14.8'inin de güneş enerjisinden sağlanması planlanmıştır. Sistemde kurulu bulunan cihazların temel özellikleri Tablo 2'de ayrıntılı bir biçimde verilmiştir.

Fotovoltaik Sistem altı adet 170 Wp gücünde 'Kyocera' marka panelden oluşmaktadır. Panellerin kurulum eğim açısı yaz-kış uygulaması göz önünde bulundurularak güney doğrultusuna 40° olarak tespit edilmiş ve montajlar gerçekleştirilmektedir. Alınan sistem verileri doğrultusunda Fotovoltaik panellerin enerji verim değerlerinin güneş radyasyonu ve dış hava sıcaklığıyla nasıl değiştiği tespit edilerek grafiksel olarak Şekil 4'te verilmektedir. Şekil 4'te görüldüğü üzere güneş radyasyon değerinin artmasıyla birlikte panel verimleri parabolik bir biçimde artmaktadır. Dış ortam sıcaklığındaki azalma, PV enerji verim değerine pozitif bir etki yapmaktadır. Ölçümler sonrasında en yüksek enerji verim değeri olarak %15.5 seviyesine ulaşılmıştır. Maksimum Güç Seviyesi Takipçisi (MPPT) sistemi panellerden elde edilen elektriğin akülere şarj edilmesi sürecinde akım ve voltaj değerlerini en yüksek verime ulaşacak şekilde düzenlenmektedir. Test edilen fotovoltaik panel için ayrıca maksimum elektrik üretim değerini (P_m) ifade eden formül aşağıdaki biçimde deneyel olaraq elde edilmiştir.

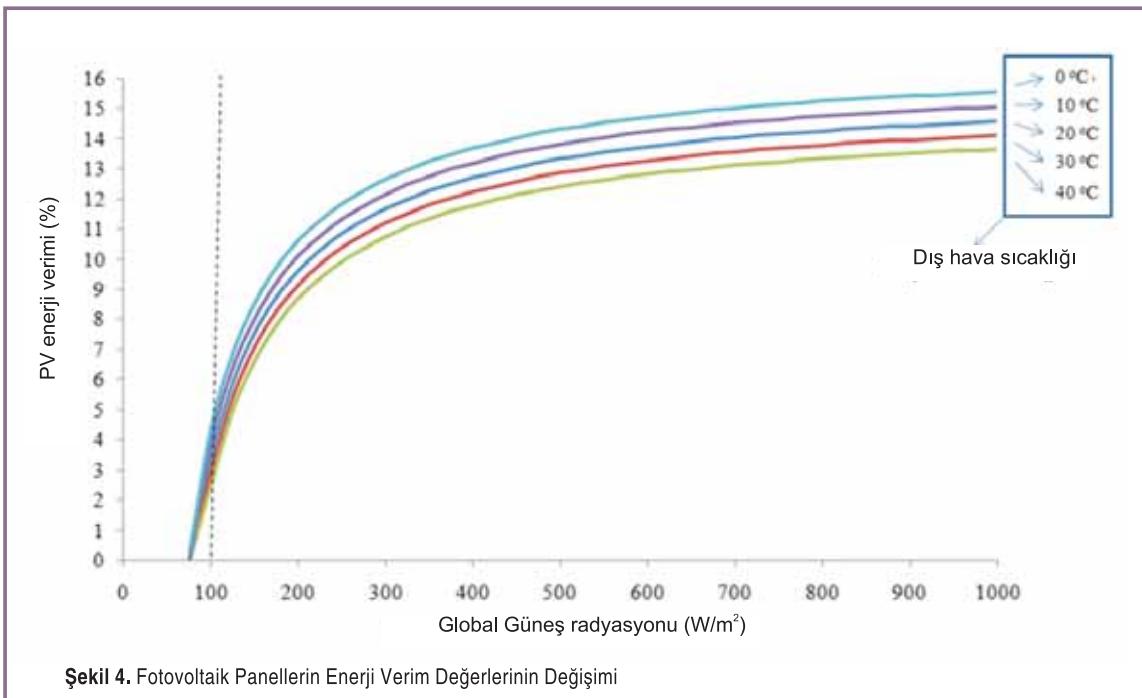
$$P_m(S_i, T_a) = -11.017 + 0.34 \cdot S_i \cdot 2.73^{0.003 \cdot T_a} \quad (1)$$

Eşitlik 1'de ifade edilen T_a dış hava sıcaklığını 'Kelvin' cinsinden göstermektedir. S_i global güneş radyasyon değeridir (W/m^2). Eşitlik için kullanım sınır değerleri 100 ile 1000 W/m^2 güneş radyasyon değeridir. Şekil 4'ten görüldüğü üzere paneller $100 W/m^2$ güneş radyasyon değerinin üzerinde verimli bir biçimde çalışmaya başlamaktadırlar.

Kurulan rüzgar turbini için yüksekliği 15m dir ve maksimum elektrik üretim kapasitesi olan 10 kW değerine 14.5 m/s hızda

Tablo 2. Birleşik Sistemde Kullanılan Cihazlar ve Özellikleri

Eleman	Özellikleri
Rüzgar Turbini	Güç: 10kW Kanat uzunluğu: 2.05 m Güç Kontrolü: Kanat Eğim Açısı
Fotovoltaik Sistem	Güç: 1 kW 170 Wp x 6 Adet (Kyocera marka) Kurulum: Sabit çatı üstü montajlı Eğim açısı: 40° güney
Şarj Regülâtörü	1 Adet 48 V 40 A
Evirici	5 kW 48 V DA giriş A.A 220 V 1 fazlı 50 Hz sinüs çıkış
Aküler	20 adet kurşun asit 12 V 200 Ah 48V DA barada 48 kWh



Şekil 4. Fotovoltaik Panellerin Enerji Verim Değerlerinin Değişimi

ulaşmaktadır. Türbin kanat çapı 2.05 metre olup, güç kontrolü kanat eğim açısı yöntemiyle sağlanmaktadır. Türbin 3 m/s hızın üzerinde elektrik üretimi başlamaktadır. Alınan işletme verilerinden sistemin hangi rüzgar hızında ne kadar elektrik enerjisi ürettiği tespit edilmiştir. Kullanılan rüzgar turbini için deneyel verilerden çıkarılan rüzgar hızına bağlı güç üretim eğrisi formülü ($P(w)$) eşitlik 2'de verilmektedir.

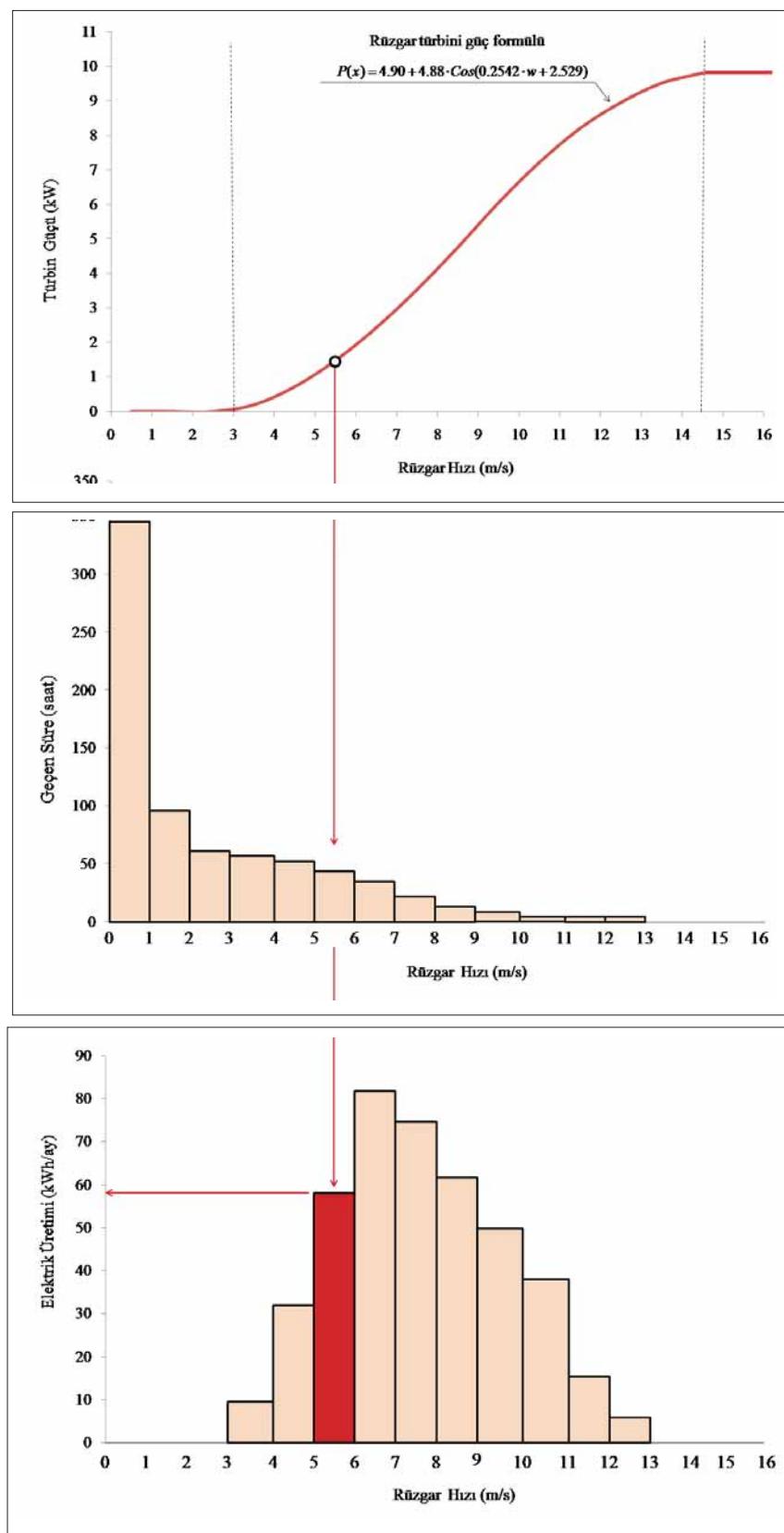
$$P(w) = 4.90 + 4.88 \cdot \cos(0.2542 \cdot w + 2.529) \quad (2)$$

Eşitlikte w rüzgar hızını (m/s) ifade etmektedir. Sonuç olarak ortaya çıkan elektrik üretim miktarı ($P(w)$) Watt cinsinden verilmiştir. Eşitlik 2 için kullanım sınır değerler 3 ile 14.5 m/s rüzgar hızıdır. 14.5 m/s ile 25 m/s arasında tam kapasite değeri olan 10 kW güç değerine ulaşmaktadır. Aylık bazda rüzgar hızına bağlı elektrik üretim miktarının nasıl hesaplandığına dair şematik gösterim Şekil 5'te açık bir biçimde ortaya konmuştur. Kurulan sistemin genel görünümü Şekil 6'da detaylı ve açıklamalı bir biçimde verilmiştir. Şekil 6'da görüleceği üzere, kurulum maliyetini azaltabilmek açısından rüzgar turbini metal örme bir direk üzerine monte edilmiştir.

Tüm birleşik yenilebilir enerji sistem analizlerinde iki önemli girdi bulunmaktadır. Bunlardan biri enerji kaynağı girdi verileri ve sistem yük dağılım profildir. Yük dağılım profilinin saatlik bazda ortalama elektrik üretimi dağılımına paralel olması sistem çalıştırılması için oldukça önemlidir. Sistemin tasarıımı aşamasında öncelikli olarak her ay için hem rüzgar turbinlerinden hem de PV sisteminden saatlik bazda üretilebilecek ortalama elektrik miktarları tespit edilmiştir. Üretilebilecek elektrik miktarlarına bağlı olarak her iki

sistemin bölge için kapasite kullanım oranları tespit edilerek Şekil 7'de verilmiştir. Kurulan bölge için rüzgar turbinin ve PV sistem kapasite kullanım oranları yıllık bazda sırasıyla %9.17 ve %15.92 olarak öngörlülmüştür. Sadece ocak, şubat ve aralık döneminde PV sisteminin kapasite kullanım oranı rüzgar turbininin altına düşmektedir. Diğer aylarda ise kapasite kullanım oranları daha yüksek seviyededir. Şekil 7'den görüleceği üzere PV paneller için kapasite kullanım oranı rüzgar turbininden fazla olmaktadır ancak rüzgar turbinlerinde kW elektrik enerji maliyetleri daha düşük seviyedir. Bu maliyet PV panel sisteminde rüzgar turbinine göre kurulu sistem göz önüne alındığında yaklaşık 3 kat daha pahalı olmaktadır. PV panellerinde son yıllarda yaşanan düşüş bu şekilde devam ettiğü sürece panel kullanım oranında artma olacağı açıkları. Elde edilen toplam elektrik miktarının yanı sıra bu elektriğin saatlik dağılımı da oldukça önem taşımaktadır. Rüzgar turbininden gece sürecinde de elde edilebilmesi bu sistemin önemi avantagelarından biridir.

Sistemimiz için rüzgar turbinin ve PV kapasite değerleri belirlendikten sonra saatlik olası elektrik üretimine paralel olarak sisteme elektrik talebi şekillendirilmeye çalışılmıştır. Yaptığımız analiz sonuçlarının daha iyi anlaşılabilmesi için ocak ayı olası saatlik bazda ortalama elektrik miktarları Şekil 8'de verilmiştir. Şekil 8'de görüleceği üzere aylık ortalama 674.1 kWh/ay gücünde bir elektrik üretimi sağlanabilemektedir. Sistem için ocak ayında ortalama 906 W değerinde anlık elektrik talebinin karşılanması mümkündür. Ocak ayında güneş enerjisinden elektrik üretme düzeyimiz oldukça düşük seviyelerde yer almış ve toplam üretim içindeki değeri ancak % 7 olabilmektedir. Bu oran yıl



Şekil 5. Rüzgar Turbini Güç Eğrisi ve Rüzgar Hızına Bağlı Elektrik Üretim Miktarı



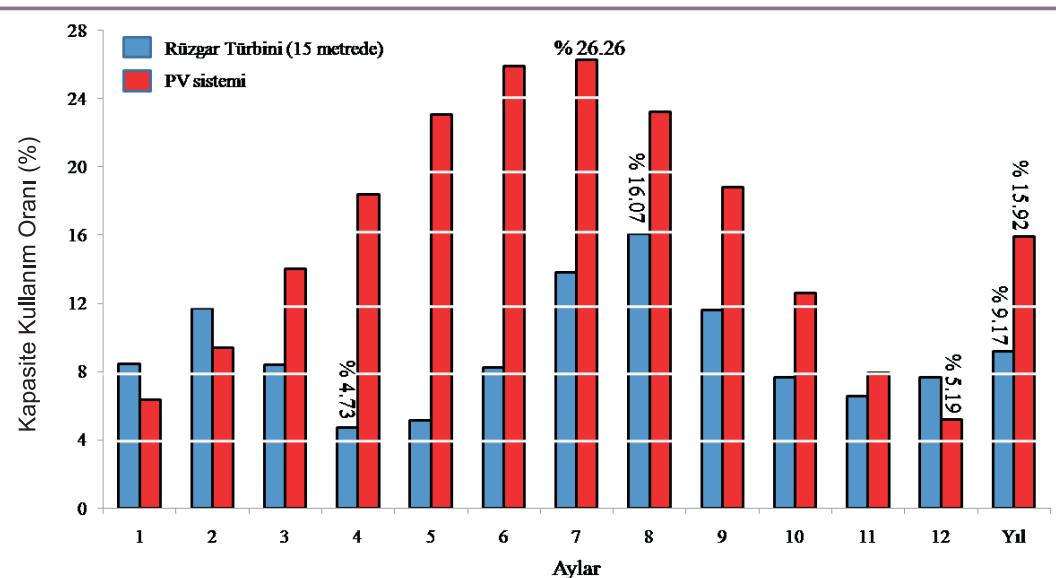
Şekil 6. Kurulu Birleşik Yenilenebilir Enerji Sistemi ve Ekipmanların Görünümü

içinde en yüksek olarak Mayıs ayında %31 değerine ulaşabilmektedir. Gece sürecinde güneş enerjisinde tamamen rüzgar enerjisinde de kayda değer bir düşüş gözlenmektedir. Bu sebeple gece sürecinde yük talebi oldukça düşük seviyelere çekilmelidir. Sanıldığına aksine gece sürecinde elde edilen rüzgar enerjisi gündüzden düşük seviyededir. Günü iki eşit dilime bölecek olursak, incelenen sistem için gündüz geceden 1,5 kat daha fazla enerji üretmektektir.

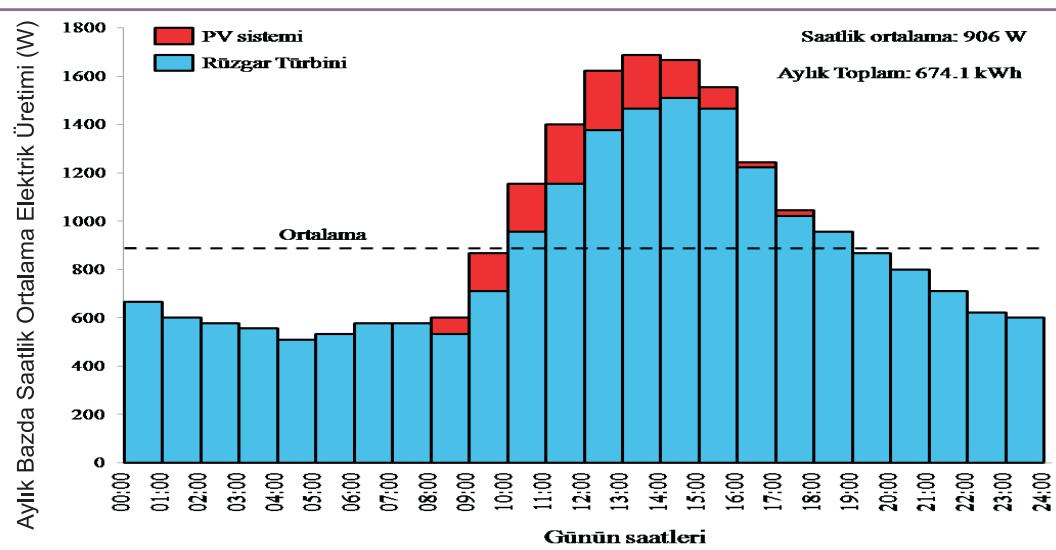
2.4 Elektriksel ve Meteorolojik Ölçüm Sistemi

Sistemde kullanılan Meteorolojik ölçüm istasyonuna ait bilgiler Tablo 3'te verilmiştir.

Sistem verimini belirlemek için meteorolojik ölçümlerin



Şekil 7. Rüzgar Turbini ve PV Panel İçin Aylık ve Yıl İçin Kapasite Kullanım Oranları

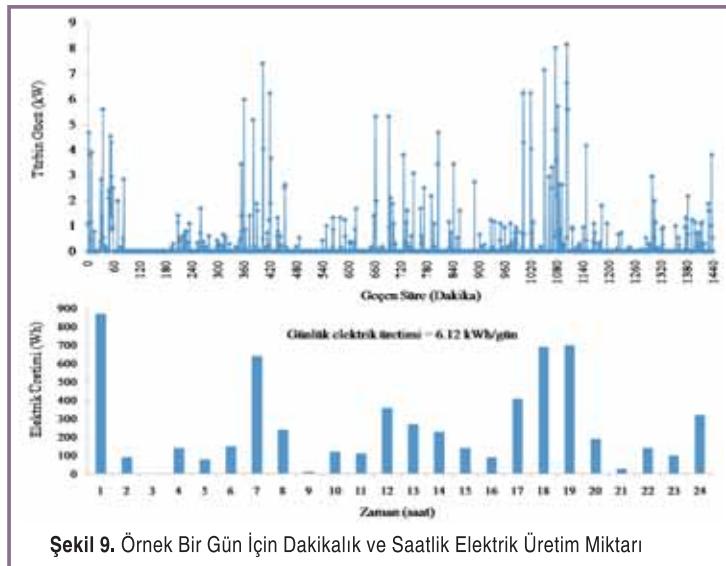


Şekil 8. Ocak Ayı İçin Saatlik Bazda Sistemden Üretilmeli Ortalama Elektrik Miktarları

dışında sistemde üretilen akım gerilim değerleri de ölçülerek kayıt edilmiştir.

Tablo 3. Davis Vantage Pro-2 Meteorolojik Ölçüm İstasyonu

Rüzgar yönü	$\pm 7^\circ$ doğruluk
Rüzgar hızı	1 ile 67 m/s
İç-Dış ortam sıcaklığı	0.1°C hassasiyette $\pm 0.5^\circ\text{C}$ kesinlikte
Basınç	0.1mb hassasiyette ± 1.0 mb kesinlikte
Nem	% 1 hassasiyette ± 5 kesinlikte
Güneş Radyasyonu	1 W/m ² hassasiyette $\pm 5\%$ kesinlikte



Şekil 9. Örnek Bir Gün İçin Dakikalık ve Saatlik Elektrik Üretim Miktarı

2.5 Belirsizlik Analizi

Deneysel belirsizlikler ve hatalar, sistemde kullanılan cihaz ve ölçüm aletlerinin seçiminden, çalışma durumundan, işlem koşullarından, kalibrasyondan, çevre koşullarından ve okumalardan dolayı ortaya çıkar. Bu hata ve belirsizliklerin belirlenmesinde “Belirsizlik Analizi” kullanılmaktadır.

Belirsizlik analizinin hem deneysel sonuçların yorumlanması, hem de sistem kurulumu öncesindeki tasarım çalışmalarında uygulanması gerekmektedir. Bu çalışmada, kullanılan tüm ölçüm aletlerinin yapısından kaynaklanan belirsizlikle ilgili bilgiler, ölçüm aletlerinin üreticilerinden alınmış ve Eşitlik 3 yardımıyla elde edilmiştir.

$$U_F = \left[\left(\frac{\partial F}{\partial z_1} u_1 \right)^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial z_2} u_2 \right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial F}{\partial z_n} u_n \right)^2 \right]^{0.5} \quad (3)$$

Deneysel çalışmada PV akım, PV gerilim, rüzgar türbini akım, rüzgar türbini gerilim, güneş radyasyonu ve rüzgar hızı ölçümündeki belirsizlikler Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Deneysel Ölçüm Sistemlerinin ve Hesaplanan Değerlerin Belirsizlikleri

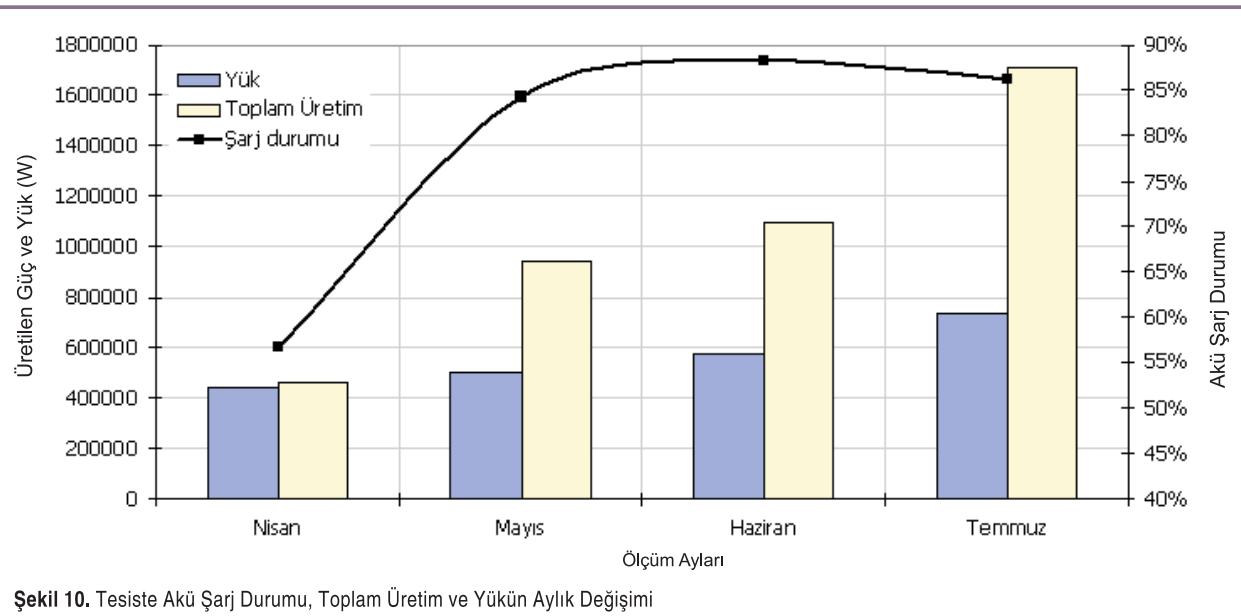
Parametre	Birim	Belirsizlik
PV akım ölçümü	A	± 0.624
PV gerilim ölçümü	V	± 2.595
Rüzgar türbini akım ölçümü	A	± 0.812
Rüzgar türbini gerilim ölçümü	V	± 1.015
Güneş radyasyonu ölçümü	W/m ²	± 40
Rüzgar hızı ölçümündeki belirsizlik	m/s	0.6

3. SONUÇLAR

Yenilenebilir melez enerji sisteminin verimini değerlendirmek için meteorolojik ölçüm istasyonu ile rüzgar hızı, güneş radyasyonu değerleri ölçülerek kaydedilmiştir. Sistemde gerek rüzgar türbinde gerekse fotovoltaik sistemde akü şarj durumuna bağlı olarak kontrol yapılmıştır. Akülerin tam şarj olduğu durumlarda aşırı şarj olup zarar görmesini engellemek için, fotovoltaik sistem aküleri kullanılırken, akülerin şarj altında 54 V değerini aşmayacak şekilde sistemi akülerden ayırrı.

Rüzgar türbinde bu konuda kullanılan yöntem şu şekildedir. Aküler tam dolum noktasına yaklaşıklarında, rüzgar türbinin kanat eğim açısı kontrol edilerek rüzgarda dönmeyecek konuma getirilir. Akülerdeki şarj seviyesinin azalmaya başlamasının ardından tekrar kanat eğim açıları otomatik ayarlanarak türbin kanatlarının rüzgarda dönmesi sağlanır. Bu şekilde rüzgar türbininin akülerin tam dolu noktasında boş çıkararak çok hızlı dönmesi ve kanatların zarar görmesi engellenmiş olur. Bu durumlarda rüzgar ve güneş enerjisi mevcutken enerji üretimi söz konusu olmamaktadır.

Örnek bir gün için dakikalık ve saatlik rüzgar türbininden elde edilen elektrik üretim miktarının değişimi Şekil 9'da verilmiştir. Şekil 10'da yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen güçler ve akülerin gerilimine bağlı olarak şarj durumu gösterilmiştir. Nisan-Temmuz aralığında şarj durumu aylık ortalama olarak %56–88 aralığında değişmektedir. Akü şarj durumu Mart ayında yükün yüksek olması sebebiyle %56,6 olarak düşük düzeyde gerçekleşmiştir. Birleşik sistemde şarj kontrol sistemi aküleri koruma amacıyla kullanılmıştır. Fotovoltaik sistemden elde edilen beş aylık ortalama çıkış gücü günlük 0.218 kW, rüzgar türbininden ise 1.265 kW olmuştur.



Şekil 10. Tesiste Akü Şarj Durumu, Toplam Üretim ve Yükün Aylık Değişimi

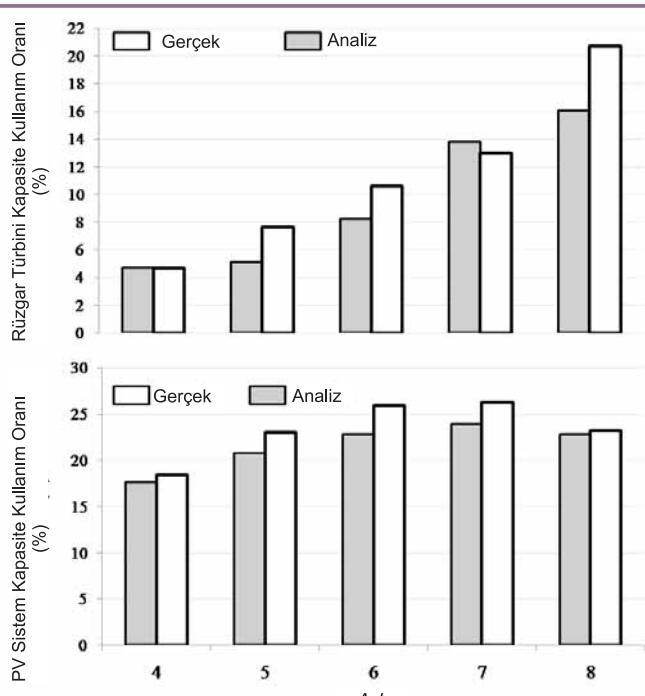
4. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Aylık bazda yapılan öngörülerin ne düzeyde bir doğrulukla gerçekleşmiş olduğunu görmek için Nisan-Temmuz dönemi aralığında elde edilen gerçek veriler, öngörülen değerlerle Şekil 11'de karşılaştırılmıştır. Şekil 11'de görüldüğü üzere öngörüler büyük bir doğrulukla gerçekleşmiştir.

Bu çalışma sonucunda elde edilmiş olan deneyimler

doğrultusunda oluşturulan öneriler maddeler halinde aşağıda verilmiştir:

- Yenilenebilir enerji sistemlerinin özellikle boyutlandırma probleminde ihtiyaç duyulan yük profilinein doğru bir şekilde saatlik olarak belirlenmesi gerekmektedir. Kurulu güçler kullanılarak yapılan tahminler doğru sonuçlar vermeyip yaniltıcı olabilmektedir. Bu analizlerde kullanılması gereken saatlik yük profillerinin sektörel olarak ölçümlere dayalı olarak belirlenmesi oldukça önemlidir.
- Sistem yük profilinein saatlik bazda dağılımında yenilenebilir enerji sisteminden sağlanması olası dağılıma paralele bir dağılımın yapılması oldukça önemlidir.
- Sistem elemanlarının belirlenmesinde özellikle boşta güç tüketimi gibi özelliklerin seçiminde dikkatli olunmalıdır. Gereğinden büyük seçilen ve boşta fazla güç tüketen eviricilerin yük talebi yokken, akülerden gereksiz yük tüketmesi sistemi verimsiz kılmaktadır.
- Rüzgar turbini ve fotovoltaik sistemlerin şarj kontrolünde akü gerilimi kontrol edilerek aşırı şarjin önlenmesi için var olan enerji sisteme aktarılamamaktadır. Bunu önlemek için fazla güç üretim anında hidrojen üretimi ya da fazla enerjinin kullanılabilirliğini veya depolanabilmesini sağlayacak tasarımlar ve kontrol seçenekleri oluşturulmalıdır.
- Sistemin enerji verimlerinin elde edilmesinde, saatlik veriler yerine ortalama değerlerle elde edilen günlük, aylık, yıllık değerlerin kullanılmasıyla elde edilen verim değerlerinin de farklı olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle çalışmada yapılan hesaplamalarda saatlik veriler kullanılarak hesaplamalar yapılmalıdır.



Şekil 11. Sistem Gerçek İşletme Verileriyle Öngörülerin Karşılaştırılması

SEMBOLLER

- P_m Maksimum elektrik üretim değeri (W)
 T_a Dış hava sıcaklığı (Kelvin)
 S_i Global güneş radyasyonu (W/m^2)
 w Rüzgar hızı (m/s)
 $P(x)$ Rüzgar hızına bağlı elektrik üretim miktarı (W)

KAYNAKÇA

1. Gupta, A., Saini, R.P., Sharma, M.P. 2007. "Design of an Optimal Hybrid Energy System Model for Remote Rural Area Power Generation," ICEEE.07 International Conference, Hong Kong, p 1-6
2. Muselli, M., Notton, G., Louche, A. 1999. "Design of Hybrid-Photovoltaic Power Generator, with Optimization of Energy Management," Solar Energy, vol. 65, no 3, p. 143-157
3. Bakirtzis, A.G., Gavaniidou, E.S. 1992. "Optimum Operation of a Small Autonomous System with Unconventional Energy Sources," Electric Power Systems Research, vol. 23, no 2, p. 93-102
4. Markwart, T. 1996. "Sizing of Hybrid Photovoltaic-Wind Energy Systems." Solar Energy, vol.57 no 4, p. 277-281
5. Borowy, B.S., Salameh, Z.M. 1994. "Optimum Photovoltaic Array Size for a Hybrid Wind-PV system," IEEE Trans Energy Convers, vol. 9 no. 3, p.482-488
6. Diaf, S., Belhamel, D., Haddadi, M., Louche, M. 2007. "A Methodology for Optimal Sizing of Autonomous Hybrid PV/Wind System," Energy Policy, vol. 35 no. 11, p. 5708-5718
7. Borowy, B.S., Salameh, Z.M. 1996. "Methodology for Optimally Sizing the Combination of a Battery Bank and PV Array in a Wind-PV Hybrid System," IEEE Trans Energy Convers, vol. 11, no. 2, p. 367-375
8. Senju, T., Hayashi, D., Yona, A., Urasaki, N., Funabashi, T. 2007. "Optimal Configuration of Power Generating Systems in Isolated Island with Renewable Energy," Renewable Energy, vol. 32, no. 11, p. 1917-1933
9. Ashok, S. 2007. "Optimised Model for Community-Based Hybrid Energy System," Renewable Energy, vol. 32, no. 7, p. 1155-1164
10. Pradeep, K.K., Mohan, K.K. 2007. "Alternative Energy Facilities Based On Site Matching and Generation Unit Sizing For Remote Area Power Supply," Renewable Energy, vol. 32, no. 8, p. 1346-1362
11. Kaldellis, J.K., Kavadias, K.A., Koronakis, P.S. 2007. "Comparing Wind and Photovoltaic Stand-Alone Power Systems Used For the Electrification of Remote Consumers," Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 11, no. 1, p. 57-77
12. Barton, J.P., Infield, D.G. 2006. "A Probabilistic Method for Calculating the Usefulness of a Store with Finite Energy Capacity for Smoothing Electricity Generation from Wind and Solar Power," Journal of Power Sources, vol. 162, no. 2, p. 943-948
13. Prasad, R.A., Natarajan, E. 2006. "Optimization of Integrated Photovoltaic-Wind Power Generation Systems with Battery Storage," Energy, vol. 31, no. 12, p. 1943-1954
14. Ekren, O., Ekren, B.Y., Özerdem, B. 2009. "Break-Even Analysis and Size Optimization of a PV/Wind Hybrid Energy Conversion System with Battery Storage – A Case Study," Applied Energy, vol. 86, no. 7-8, p. 1043-1054
15. Protoperoopoulos, C., Brinkworth, B.J., Marshall, R.H. 2007. "Sizing and Techno-Economical Optimization for Hybrid Solar Photovoltaic/Wind Power Systems with Battery Storage," International Journal of Energy Research, vol. 21, no. 6, p. 465-479
16. Chedid R, Saliba Y. 1996. "Optimization and Control of Autonomous Renewable Energy Systems," Int. J. Energy Res, vol. 20, no. 7, p. 609-624.
17. Yang, H.X., Burnett, J., Lu, L. 2003. "Weather Data and Probability Analysis of Hybrid Photovoltaic-Wind Power Generation Systems in Hong Kong," Renewable Energy, vol. 28, no. 11, p. 1813-1824
18. Kashefi Kaviani, A., Riahya, G.H., Kouhsaria, SH.M. 2009. "Optimal Design of a Reliable Hydrogen-Based Stand-Alone Wind/PV Generating System, Considering Component Outages," Renewable Energy, vol. 34, no. 11, p. 2380-2390
19. Dufo-Lopez, R., Bernal-Agustin, J.L. 2008. "Multi-objective Design of PV-Wind-Diesel-Hydrogen-Battery Systems," Renewable Energy, vol. 33, no. 12, p. 2559-2572
20. Akyüz, E., Bayraktar, M., Oktay, Z. 2009. "Hibrid Yenilenebilir Enerji Sistemlerinin Endüstriyel Tavukçuluk Sektörü İçin Ekonomik Açıdan Değerlendirilmesi: Bir Uygulama," Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, vol. 11, no. 2, p. 44-54
21. Wies, R.W., Johnson, R.A., Agrawal, A.N., Chubb, T.J. 2005. "Simulink Model for Economic Analysis and Environmental Impacts of a PV with Diesel-Battery System for Remote Villages," Power Systems, IEEE Transactions, vol. 20, no. 2, s. 692-700
22. Lazou, A.A., Papatsoris, A.D. 2000. "Economics of Photovoltaic Stand-Alone Residential Households: A Case Study for Various European and Mediterranean Locations," Solar energy & Solar cells, vol. 62, p. 411-427
23. Çelik, A.N. 2003. "Techno-Economic Analysis of Autonomous PV-Wind Hybrid Energy Systems Using Different Sizing Methods", Energy Conversion and Management, vol. 44, no. 12, 1951-1968
24. Nayar, C.V., Lawrence, W.B., Phillips, S.J. 1989. "Solar/Wind/Diesel Hybrid Energy Systems for Remote Areas", Proceedings of IEEE, vol. 4, p. 2029-2034.
25. Wichert, B. 1997. "PV-Diesel Hybrid Energy Systems for Remote Area Power Generation - A Review of Current Practice and Future Developments," Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 1, no. 3, p. 209-228.
26. Özdamar, A., Özbalta, N., Akin, A., Yıldırım, E.D. 2002. "An Application of a Combined Wind and Solar Energy System in İzmir," International Journal of Energy Research, vol. 9, no. 6, p. 624-637.
27. <http://www.balikesir.gov.tr/>, (Balıkesir Valiliği internet sitesi), son erişim tarihi: mart 2012