

# Türkiyede Bir Rüzgar Enerjisi Santrali ile Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santralin Birlikte İşletilmesi Operation of a Wind Power Plant and Pumped Storage Hydro Power Plant in Turkey

Ceyhun YILDIZ<sup>1\*</sup>, Mustafa ŞEKKELİ<sup>2</sup>

**Özet-**Büyük ölçekte rüzgar enerjisi santrallerinin(RES) elektrik şebekelerine bağlantı sorunlarını araştıran çalışmalar bu sistemlerin bir enerji depolama sistemine ihtiyaç duyduğunu ortaya koymuştur. Bu çalışmada, RES ile paralel çalışacak bir enerji depolama sistemi olarak pompaj depolamalı hidroelektrik santral (PHES) düşünülmüş ve bu santrallerin birlikte çalışmaları ile ilgili sonuçlar incelenmiştir. Çalışmadaki simülasyonlarda kullanılmak üzere Yalova ilinden alınmış meteorolojik veriler kullanılarak bir RES modeli ve enerji temelli bir PHES modeli oluşturulmuştur. Türkiye gün öncesi elektrik piyasası şartlarında, iki santralin birlikte işletilmesi neticesinde RES enerji satış gelirlerinde yaklaşık %14,6 lik bir gelir artışı olduğu ve üretilen enerjinin pik saatlere kaydırılmasının mümkün olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler-** Enerji depolama, rüzgar enerjisi, enerji dengesizliği.

**Abstract-**Researchs on integration problems of big scale wind power plants (WPP) to electric grids indicate that these systems need energy storage systems. In this study, pumped storage power plant (PSPP) that will operate parallel with WPP is considered as an energy storage system and the results of the combined operation of these power plants are analysed. For using in the simulations of this study, a WPP model by using meteorological datas measured form Yalova city and energy based mathematical model of PSPP are developed. In Turkey's day ahead energy market conditions, the combined operation of these two power plants increased the revenue of the WPP nearly %14,6 of the WPP's total revenue and it is possible to shift the energy production of WPP to the peak demand hours.

**Keywords-** Energy storage, wind power, energy imbalance.

## I. GİRİŞ

Türkiye 48000 MW'lık bir rüzgar enerjisi potansiyeline sahiptir [1]. Rüzgardan üretilen elektriksel gücün değişken ve kararsız karakterli olması sebebiyle bu potansiyelin tamamının doğrudan enterkonnekte elektrik şebekesine bağlanarak kullanılması mevcut elektrik şebekesi şartlarında mümkün değildir. Son yıllarda yapılan RES'lerin elektrik şebekelerine bağlantı sorunlarını inceleyen çalışmalar büyük ölçekte rüzgar enerjisinin elektrik şebekesinde kullanılabilmesi için enerji depolama sistemlerine ihtiyaç duyulacağını ortaya koymuştur [2].

### A. Rüzgar Enerjisi Santrallerinde Güç Değişimi

RESlerin enerji üretimi rüzgar hızının küpü ile değişim göstermekte, bu ilişki sebebiyle rüzgar hızlarındaki küçük değişimler bile üretilen enerjide büyük değişimlere sebep olmaktadır. Bu durum (1,2,3,4,5) denklemlerinde açıklanmıştır [3].

Havannın kütlesi ve hızı olduğu düşünüldüğünde kinetik enerjisi (1) eşitliği ile ifade edilebilmektedir.

<sup>1\*</sup> Sorumlu yazar iletişim: [cuyildiz@yegm.gov.tr](mailto:cuyildiz@yegm.gov.tr)

Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Merkez Kampüsü, KAHRAMANMARAŞ

<sup>2</sup> İletişim: [mustafasekkeli@ksu.edu.tr](mailto:mustafasekkeli@ksu.edu.tr)

Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Merkez Kampüsü, KAHRAMANMARAŞ

$$E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad (1)$$

Burada m havanın kütleini, v rüzgarın yatay hızını temsil etmektedir. m kütle;  $\rho$  havanın özgül kütleini, H havanın hacmini temsil etmek üzere tekrar yazılırsa,

$$m = \rho \cdot H \quad (2)$$

H hacmi, A rüzgarın esme yönüne dik alan ve L esme mesafesi olmak üzere tekrar yazılırsa,

$$H = A \cdot L \quad (3)$$

L mesafesi, v rüzgar hızı ve t zaman olmak üzere tekrar yazılırsa,

$$L = v \cdot t \quad (4)$$

(1) eşitliği (2), (3), (4) eşitliklerine göre tekrar yazılarak, rüzgar türbinlerine ait  $C_p$  (rotor güç katsayısı) ile çarpıldığında E rüzgardan elde edilecek enerjinin, v rüzgar hızının küpü ile değişim göstereceği görülmektedir.

$$E = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot t \cdot v^3 \cdot C_p \quad (5)$$

Elektriksel enerji elektrik şebekesi sistemlerinde depolanmamakta üretilen enerjinin aynı anda tüketilmesi gerekmektedir. Bu durum göz önünde bulundurulduğunda rüzgar enerjisinin değişken ve kontrol edilemeyen üretim karakteristiği elektrik şebekelerinde problemlere neden olmaktadır.

#### B. Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santraller

PHES'ler dünyada yaklaşık yüzyıllık geçmişe sahip, büyük ölçekte enerji depolamakta kullanılan enerji santralleridir. Bu tip santraller elektrik şebekelerindeki enerji depolama ihtiyacının isterleri baz alınarak tasarlanmakta, ihtiyaca göre kapasite ve işlev bakımından farklı yapılarda tesis edilmektedirler.

PHES'ler oldukça basit bir prensiple enerji depolama işlemini gerçekleştirir. Bu santraller aralarında kot(yükseklik) farkı bulunan iki adet su depolama rezervuarı kullanılmaktadır. Düşük kottaki su pompa yada pompalar yardımı ile yüksek kottaki rezervuara pompalanmakta böylece depolanacak enerji potansiyel enerji olarak depolanmaktadır. Depolanan enerjiye ihtiyaç duyulduğunda yüksek kottaki su bırakılarak yine santrale yerleştirilmiş türbinler vasıtasıyla elektrik enerjisine çevrilebilmektedir

Son yıllarda PHES'lerin RESler ile beraber işletilmesi konusunda birçok araştırma yapılmıştır. Yapılan çalışmalar PHES'lerin rüzgar enerjisinin değişken ve kararsız üretimini daha sürekli ve kararlı hale getirme amaçlı kullanılabileceğini ortaya koymuştur [4,5,6,7,8,9,10,11,12,13].

## II. RES MODELİ

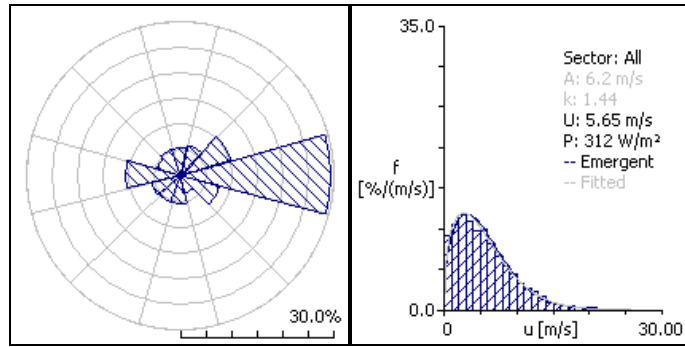
Rüzgar santrali, Yalova ili Çınarcık ilçesinden alınan gerçek ölçümler kullanılarak WASP programı ile tasarlanmıştır. Ölçüm istasyonu ve santral ile ilgili bazı bilgiler aşağıda verilmektedir.

#### A. Rüzgar Ölçüm İstasyonu

Rüzgar ölçüm istasyonu Yalova ili Çınarcık ilçesine kurulmuştur. Ölçümler yaklaşık 1,5 yıl süre ile kaydedilmiştir. Ölçüm istasyon 30 metre yüksekliğinde bir ölçüm direği ve bu direk üzerine yerleştirilmiş sensörler (anemometre, yön sensörü vb.) ile ölçülen değerleri kaydetme maksatlı kullanılan bir veri kaydediciden oluşmaktadır. Ölçüm istasyonu ve ölçüm değerleri ile ilgili bazı bilgiler Tablo-1 de verilmiştir. Ayrıca Rüzgar ölçümlerinin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan Weibull eğrisi ve rüzgar gülü oluşturulmuştur. Rüzgar verileri bu Weibull eğrileri ile uyum göstermekte böylece rüzgar verilerinin genel amaçlı bir temsili eğrisi oluşturulabilmektedir. Rüzgar gülü de santral türbinlerinin yerleştirilmesinde genel bir bilgi olarak önemlidir. Ölçümlere ilişkin Weibull eğrisi ve rüzgar gülü Şekil-1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Ölçüm istasyonu bilgileri ve ortalama ölçüm değerleri

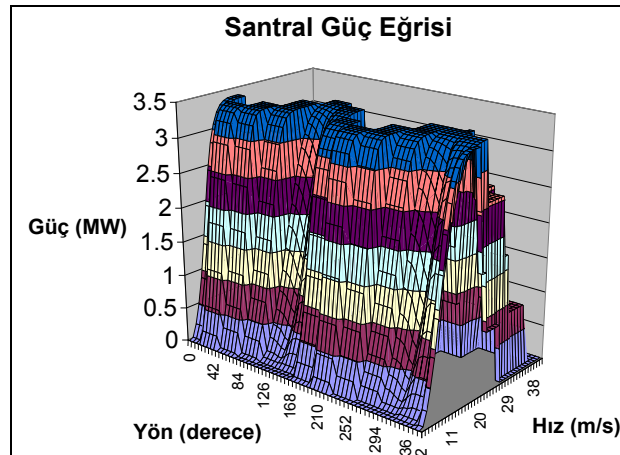
Ölçüm İstasyonu Bilgileri		Ölçüm Bilgileri	
Kullanılan Bazı Ekipmanlar	Adet	Kaydedilen Veriler	Büyüklik
30 metre boru tipi direk	1	Ortalama rüzgar hızı [m/s]	5,65
Data logger	1	Ortalama Güç Yoğunluğu [W/m <sup>2</sup> ]	312
Hız sensörü	3	Ortalama Sıcaklık °C	15
Yön sensörü	1		
Sıcaklık sensörü	1		



**Şekil-1** Rüzgar gülü ve Weibull eğrisi

#### B. RES Modeli

Rüzgar santrali, WASP rüzgar analiz yazılımı kullanılarak bölgenin güç yoğunluğu haritası oluşturulup bu haritada uygun yerlere rüzgar türbinleri yerleştirilerek oluşturulmuştur. Oluşturulan santrale ilişkin santral güç eğrisi ve yıllık üretim değerleri sırasıyla Şekil-2 ve Tablo-2 de verilmiştir. Simülasyon çalışmalarında Şekil-2'deki güç eğrisi RES modeli olarak kullanılmıştır. Böylece RES modeli rüzgar hız ve yön girdilerine çıkış güç değerini veren bir model olarak elde edilmiştir.



**Şekil-2** Santral güç eğrisi.

**Tablo 2.** Santral üretim değerleri.

Türbin Gücü	Göbek Yüksekliği	Yıllık Üretim	Net
850 kW	55 m	2.142 GWh	
850 kW	55 m	2.040 GWh	
850 kW	55 m	2.144 GWh	
850 kW	55 m	2.287 GWh	

<b>Toplam Yıllık net üretim</b>	<b>8.613 GWh</b>
---------------------------------	------------------

RES işletiminde üretim tahminleri gün öncesi piyasa işletiminde oldukça önemli bir bilgidir. Kaliteli tahminlerin yapılması ile bu tip santraller gün öncesinden bir gün sonra üretecekleri enerji miktarını gerçek değerlere yakın bir şekilde piyasa mekanizmasına bildirebilmektedir. Piyasa mekanizmasına bildirilen üretim programından sapan üretimler dengesizliğe düşecek ve tesise dengesizlik bedeli olarak yansıtacaktır. Günümüzde rüzgar enerjisi üretim tahmini konusunda pek çok çalışma yapılmaktadır. Ortalama %5 sapmalar ile RESler için üretim tahmini yapılabilmektedir. Üretim tahmini, hataları sadece RES gelirini, gün öncesi piyasa mekanizmasını etkilediğinden ve yüksek doğruluklarda yapıldıklarından bu çalışmada ihmal edilmiştir.

### III. PHES MODELİ

Bu çalışmada enerji depolama amaçlı kullanılan PHES, bir cebri borulu, pompa ve türbin ünitelerine sahip bir enerji çevrim sistemi olarak düşünülmüştür. Düşünülen santrale ilişkin bazı veriler Tablo-3'teki gibidir.

**Tablo 3.** PHES verileri.

Türbin Gücü	2MW
Pompa Gücü	3.4 MW
Depolama Kapasitesi	40 MWh
Cebri Boru Sayısı	1
Türbin Verimi	0.90
Pompa Verimi	0.85

### IV. SİMÜLASYON SENARYOSU ve SONUÇLARI

Simülasyon senaryosuna göre iki tesis beraber çalıştırılmıştır. RES ve PHES şebekeye aynı noktadan bağlanmıştır. PHES enerji fiyatları dikkate alınarak işletilmektedir. Gün öncesi piyasada santraller gün öncesinden bir gün sonrası için çalışma planlarını oluşturmaktadırlar. Tesis sahibi firmalar ve şebeke operatörü tarafından arzu edilen işletim planında tesisler, enerji fiyatlarının yüksek olduğu (talep gücün yüksek olduğu) saatlerde elektrik şebekesine enerji aktarmak ve enerji fiyatlarının düşük olduğu (talep gücün düşük olduğu) saatlerde elektrik şebekesinden enerji çekmektedir. Rüzgar santrallerinde üretim tamamen rüzgar değerlerine bağlıdır. Enerji bu tip santrallerde depolanmamaktadır fakat bir gün sonrası için üretim tahminleri yapılabilmektedir. Böylece üretilecek enerjinin miktarı değiştirilemezse bile üretilecek enerjinin miktarı tahminler sayesinde önceden bilinebilmektedir. Tahmin edilen değerler ile RES'ler gün öncesi elektrik piyasasına katılabilmektedir. Görüldüğü üzere RES'lerin üretimlerini talebin yüksek olduğu saatlere kaydırması mümkün değildir. Senaryoda tahmin edilen (yada gerçekleşecek) RES enerji üretim değerleri fiyatların yüksek olduğu (talep gücün yüksek olduğu) saatlere kaydırılmıştır. Yani RES'lere enerji depolama özelliği kazandırılmış böylece ürettikleri enerji kontrol altına alınmıştır.

#### A. Matematiksel Model ve Simülasyon Sonuçları

Simülasyon çalışmalarında (6,7,8,9,10,11) eşitliklerinden oluşan matematiksel model kullanılmıştır. Matematiksel model enerji temelli bir model olup aşağıdaki bölümlerden oluşmaktadır.

1) *Bir Gün Sonrası İçin Ortalama Talebin Hesaplanması:* Bu bölümde, gün öncesinde açıklanan enerji talep tahmininin eşitlik (6) ile ortalaması alınarak ortalama enerji talebi hesaplanmıştır. Ortalama talep, kombine sistemdeki PHES'in enerji depolamasına veya depolanan enerjisi satmasına karar vermek üzere bir eşik değeri olarak kullanılacaktır. Yukarıda da bahsedildiği gibi talebin yüksek olduğu saatlerde (talebin ortalama talepten yüksek olduğu saatlerde) enerji satmak, talebin düşük olduğu saatlerde (talebin ortalama talepten düşük olduğu saatlerde) enerji depolamak şeklinde bir senaryo oluşturulmuştur.

2) *PHES - Pompa ve Türbin Ünitelerinin Çalışma Senaryolarının Hesaplanması:* Pompa ve türbin üniteleri, yukarıda oluşturulan senaryoya göre çalıştırılmıştır. Pompa veya türbinin çalışacağı herhangi bir saatteki enerji talebi eşik değerinden düşük ise (enerji fiyatları düşük ise) pompa çalıştırılmış (PHES enerji

depolanmış), enerji talebi eşik değerinden büyük ise (enerji fiyatları yüksek ise) türbin çalıştırılmıştır (PHES depolanan enerjiyi satmıştır). Böylece RES'in üretimi, talebin düşük olduğu (enerji fiyatlarının düşük olduğu) saatlerden, talebin yüksek olduğu (enerji fiyatlarının yüksek olduğu) saatlere taşınmış ve kombine sistemin enerji satış geliri artırılmıştır. Buradaki senaryo (7,8) eşitlikleri ile gerçekleştirilmiştir. Ayrıca rezervuar durumu, (7,8) eşitlikleri ile hesaplanan pompa ve türbin çalışmaları eşitlik (9)'da yerine yazılarak hesaplanmıştır.

3) *Enerji Satış Gelirlerinin Hesaplanması*: Kombine RES-PHES ve RES enerji satış gelirleri olmak üzere iki adet enerji satış geliri hesaplanmıştır. Kombine sistemin enerji satış geliri sistemdeki pompa, türbin çalışma değerleri ve RES üretim değerleri toplamının incelenen saatlerdeki enerji fiyatları ile çarpımı şeklinde eşitlik (10) kullanılarak hesaplanmıştır. RES enerji satış gelirleri ise RES üretim değerlerinin incelenen saatlerdeki enerji fiyatları ile çarpımı şeklinde eşitlik (11) kullanılarak hesaplanmıştır.

Enerji fiyatları 08/10/2009-07/10/2010 tarihleri arasındaki gün öncesi piyasa fiyatlarıdır [14].

$i, j$  : saat , gün.

$F_i^j$  : Gün öncesi piyasa enerji satış fiyatı (TL/MWh)

$TE_{av}^j$  : Günlük ortalama enerji talep tahmini değeri (MWh)

$TE_i^j$  : Günlük enerji talep tahmini değeri (MWh)

$RES_i^j$  : Rüzgar gücü (MW)

$P_i^j$  : Pompa gücü (MW)

$T_i^j$  : Türbin gücü (MW)

$G_1$  : RES ve PHES kombine sistem satış geliri (TL)

$G_2$  : RES satış geliri (TL)

$T_{nom}$ : Türbin nominal gücü (MW)

$P_{nom}$ : Pompa nominal gücü (MW)

$\eta_T$  : Türbin verimi 0.9

$\eta_P$  : Pompa verimi 0.8

$T_s$  : Örnekleme zaman aralığı (1 saat)

$T_g$  : Bir gündeki saat sayısı 24 (saat).

$T_y$  : Bir yıldaki gün sayısı 365.

$R_i^j$  : Rezervuar durumu (MWh)

$R_{ust}$  : Rezervuar üst limiti 40 (MWh).

$R_{alt}$  : Rezervuar alt limiti 0 (MWh).

$k_1$  : Sistem verimi olan 0.85 ten küçük olarak 0.76 seçilmiştir.

$k_2$  : Sistem verimi olan 0.85 ten büyük olarak 1.05 seçilmiştir.

$$TE_{av}^j = \frac{\sum_{i=1}^{T_g} T_i^j}{T_g} \quad (6)$$

$$P_i^j = \begin{cases} TE_i^j < k_1 \cdot TE_{av}^j, P_i^j = \min(P_{nom}, (R_{ust} - R_i^j) / \eta_P) \\ TE_i^j \geq k_1 \cdot TE_{av}^j, P_i^j = 0 \end{cases} \quad (7)$$

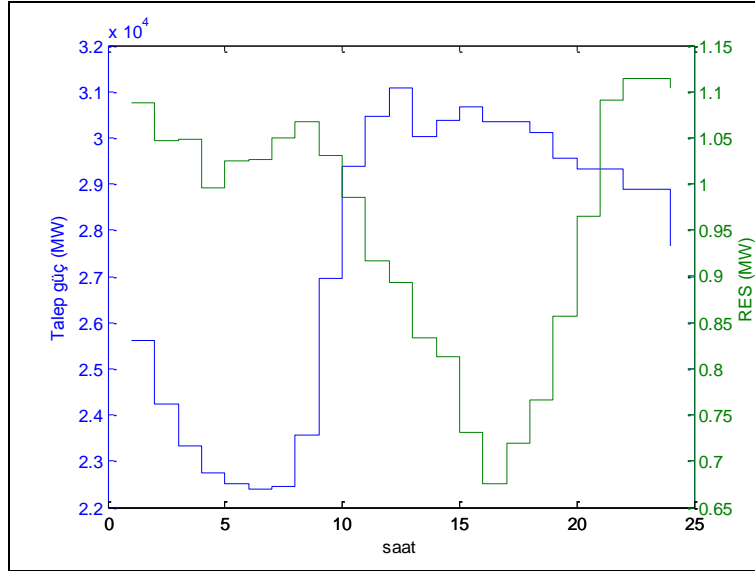
$$T_i^j = \begin{cases} TE_i^j > k_2 \cdot TE_{av}^j, T_i^j = \min(T_{nom}, (R_i^j - R_{alt}) \cdot \eta_T) \\ TE_i^j \leq k_2 \cdot TE_{av}^j, T_i^j = 0 \end{cases} \quad (8)$$

$$R_i^j = \begin{cases} R_{ust} \geq R_i^j \geq R_{alt}, R_i^j = R_i^j - T_i^j / \eta_T + P_i^j \cdot \eta_P \\ \end{cases} \quad (9)$$

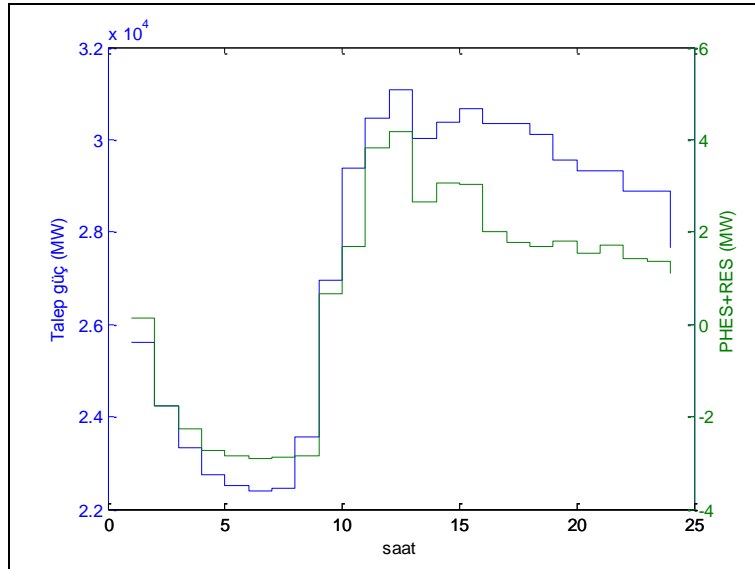
$$G_1 = \sum_{j=1}^{T_y} \left( \sum_{i=1}^{T_g} (T_i^j - P_i^j + RES_i^j) \cdot F_i^j \cdot T_s \right) \quad (10)$$

$$G_2 = \sum_{j=1}^{T_y} \left( \sum_{i=1}^{T_g} (RES_i^j) \cdot F_i^j \cdot T_s \right) \quad (11)$$

Simülasyon çalışmaları Matlab programlama dili kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan model ve senaryolar ile gerçekleştirilen simülasyonlara ilişkin sonuçlar Tablo-4 ve Şekil-3,4'te verilmiştir. Şekillerdeki grafikler bir yıl boyunca gerçekleşen üretimlerin ve talep gücün saatlik ortalamalarını göstermektedir. Ortalama değerler incelendiğinde RES üretimlerinin PHES ile beraber çalışma durumunda talep eğrisini büyük oranda takip edebildiği görülmektedir. Böylece kontrol edilemeyen RES üretimleri şebekedeki arz talep dengesini daha az bozacak ve daha fazla miktarda RES üretimi elektrik şebekesine aktarılacaktır.



Şekil-3 Bir yıllık RES üretimi ve talep gücün saatlik ortalama değerleri



Şekil-4 Bir yıllık PHES+RES üretimi ve talep gücün saatlik ortalama değerleri

Tablo-4 Simülasyon Sonuçları

Sistem	Senelik Toplam Gelir(TL)	Senelik Toplam Üretim (MWh)
RES	1.226.986	8.308
Kombine RES-PHES	1.405.421	6.313

Kombine RES-PHES/RES	1,145	0,76
----------------------	-------	------

## V. SONUÇ

Türkiye enerji piyasası şartlarında kombine RES ve PHES santrallerinin bir yıllık işletilmesi simülasyonu sonucunda RES üretimlerinin enerji ihtiyacının fazla ve enerji fiyatlarının yüksek olduğu saatlere taşınabildiği ayrıca seçilen konfigürasyon ile enerji satış gelirlerinin yaklaşık %14,6 oranında artırılabilirdiği görülmüştür.

Türkiye yaklaşık 48GW rüzgar enerjisi potansiyeline sahiptir. Bu potansiyelin yaklaşık %4'ünü kullanmaktayız fakat RES Kurulu gücünün 2020 yılında yaklaşık 10GW'a ulaşması beklenmektedir [15]. Rüzgar enerjisinin 10GW gibi yüksek kurulu güçlerde enterkonnekte elektrik şebekesine bağlanması ile üretim dalgalanmaları artacaktır. Bu dalgalanmaların PHESler ile giderilmesinin elektrik şebekesindeki arz talep dengesinin sağlanmasına yardımcı olacağı ve daha fazla rüzgar enerjisinin kullanımına olanak sağlayacağı bu çalışmadan çıktılarıyla öngörülmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. Erişim: <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Ruzgar> , 2014.
- [2] Suul, J. A., K. Uhlen, “Variable speed pumped storage hydropower for integration of wind energy in isolated power systems”. *InTech Renewable Energy*, pp. 553-580, Dec. 2009.
- [3] Kaymak, M. K., İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü. Erişim: <http://web.itu.edu.tr/~kaymak/windpower.html> , 2014.
- [4] García, J., Moraga, R., Matres, L., Mateo, A., “Stochastic joint optimization of wind generation and pumped-storage units in an electricity market”. *Power Systems, IEE Transactions on.*, Vol. 23, pp. 460-468, May, 2008.
- [5] Ngoc, P., D., N., Pham, T., T., H., Bacha, S., Roye, F., “Optimal operation for a wind-hydro power plant to participate to ancillary services”. *IEEE Industrial Technology.*, pp. 1-5, Feb, 2009.
- [6] Pousinho, H., Mendes, V., Catalão, J., “Linear programming applied for the optimization of hydro and wind energy resources”. *New Frontiers in Theory and Applications NOVA Science.*, pp.351-372, 2012.
- [7] Dhillon, J., Kumar, A., Singal, S., “Optimization methods applied for Wind–PSP operation and scheduling under deregulated market: A review”. *Renewable & Sustainable Energy Rev. Elsevier.*, pp.682-700, 2013.
- [8] Ding, H., Hu, Z., Song, Y., “Stochastic optimization of the daily operation of wind farm and pumped-hydro-storage plant”. *Renewable Energy Elsevier.*, Vol. 48, pp. 571-578, 2012.
- [9] Zhang, N., Kang, C., Xia, Q., “Planning Pumped Storage Capacity for Wind Power Integration”. *Sustainable Energy, IEEE Transactions on.*, Vol. 4, pp. 393-401, 2013.
- [10] Padron, S., Medina, J.S., Rodriguez, A., “Analysis of a pumped storage system to increase the penetration level of renewable energy in isolated power systems. Gran Canaria: A case study”. *Energy Elsevier.*, Vol.36, pp. 6753-6762, 2011.
- [11] Kapsali, M., Kaldellis, J.K., “Combining hydro and variable wind power generation by means of pumped-storage under economically viable terms”. *Applied Energy, Elsevier.*, Vol. 87, pp. 3475-3485, 2010.
- [12] Terciyanlı, E., Köse, N., Yıldız, C., Demir, M., Taş, H., Ünsal, H., Saraç, M., “Rüzgar Destekli Pompaj Depolamalı Hes Tesislerinin Operasyonel Modellenmesi”. 4. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Kayseri, 2011.
- [13] Terciyanlı, E., Köse, N., Yıldız, C., Demir, M., Taş, H., Ünsal, H., Saraç, M “Optimal Operation of a

Wind Powered Pumped Storage Hydroelectricity Plant". Set 2011, İstanbul Turkey, 2011.

- [14] Piyasa Mali Uzlaştırma Merkezi. Erişim:  
<http://dgpys.teias.gov.tr/dgpys/> , 2014.
- [15] T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu. Erişim:  
[http://www.epdk.gov.tr/documents/elektrik/rapor\\_yayin/Elk\\_Yayin\\_Uretim\\_Kapasite\\_Projeksiyonu\\_2011\\_2020.pdf](http://www.epdk.gov.tr/documents/elektrik/rapor_yayin/Elk_Yayin_Uretim_Kapasite_Projeksiyonu_2011_2020.pdf) , 2014.