

Kararsız HES ve GES Üretimlerinin Düzenlenmesi için Optimal Enerji Karışımı Tespiti: Malatya İli Örneği

İsrafil KARADÖL^a, Ceyhun YILDIZ^{*b}, Ö. Fatih KEÇEÇİOĞLU^c, Mustafa ŞEKKELİ^c

^aKilis 7 Aralık Üniversitesi, Kilis Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, KİLİS 79000, TÜRKİYE

^{b*}K.Maraş Sütçü İmam Üniversitesi., Elbistan Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, K.MARAŞ 46300, TÜRKİYE

^cK.Maraş Sütçü İmam Üni., Müh. Mim. Fakültesi, Elektrik Elektronik Müh. Bölümü 46300, K.MARAŞ, TÜRKİYE

MAKALE BİLGİSİ

Alınma:17.05.2018
Kabul: 21.06.2018

Anahtar Kelimeler:

Yenilenebilir enerji,
Optimum enerji
karışımı,
Korelasyon analizi.

***Sorumlu Yazar:**

e-posta:
cyildiz@ksu.edu.tr

ÖZET

Yenilenebilir enerji kaynaklarının en büyük dezavantajlarından biri değişken ve kararsız bir karakteristiğe sahip olmalarıdır. Zamanla, kararsız bir şekilde değişen enerji üretimi, elektrik şebekelerinde arz-talep güç dengesini sağlamayı güçleştirmektedir. Bu çalışmada kararsız ve değişken Güneş Enerjisi Santrali (GES) ve Hidroelektrik Santral (HES) tesislerinin üretimlerinin daha düzenli hale getirilebilmesi için bir yöntem üzerinde durulmuştur. Yöntem; GES ve HES üretimlerinin uygun karışım oranlarıyla toplamda daha kararlı hale getirilebileceği temeline dayanmaktadır. Yöntemin uygulanması amacıyla, Malatya ilindeki bir HES ve GES üretimleri elde edilmiştir. Santral üretimlerinin değişimleri, Pearson korelasyon katsayısı ve standart sapma değerleri hesaplanarak incelenmiştir. GES ve HES üretimleri belirli oranlarda karıştırılarak toplam karışımın standart sapma değerleri tekrar hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda, incelenen HES ve GES üretimleri için Pearson korelasyon katsayısı -0,625 olarak bulunmuştur. Bu değer üretimler arasında ters yönde bir korelasyon olduğunu toplam üretiminde daha düzenli olacağını göstermektedir. Ayrıca %25 HES ve %75 GES üretimi karışımından elde edilen toplam üretim değerlerinin en düşük standart sapmaya sahip olduğu görülmüştür.

DOI: <https://dx.doi.org/10.30855/GJES.2018.04.02.002>

Optimal Energy Mix Determination to Regulate Uncertain Production of HPP and SPP: Malatya City Case Study

ARTICLE INFO

Received: 17.05.2018
Accepted: 21.06.2018

Keywords:

Renewable energy,
Optimum energy mix,
Correlation analysis

***Corresponding**

Authors

e-mail:
cyildiz@ksu.edu.tr

ABSTRACT

One of the major disadvantages of renewable energy sources is that they have a variable and unstable characteristic. Uncertainly changing energy production over time makes it difficult to maintain supply-demand power balance in electricity networks.

In this study a method to regulate unstable and variable productions of Solar Power Plant (SPP) and Hydro Power Plant (HPP) is emphasized. Method is based on the idea that SPP and HPP production can be made more stable in total with appropriate mixing ratios. In order to implement the method, a HPP and SPP production in Malatya province was obtained. The variability of HPP and SPP productions are investigated by calculating Pearson correlation coefficient and standart deviation values. SPP and HPP productions were mixed at certain ratios and the standard deviation values of the total mixture are recalculated.

As a result of the study, the Pearson correlation coefficient for the analyzed HPP and SPP productions is found as -0.625. This value indicates that there is an inverse correlation between HPP and SPP productions and total production will be more regular. Also it has been seen that 25% HPP and 75% SPP production mix has minimum standart deviation value.

DOI: <https://dx.doi.org/10.30855/GJES.2018.04.02.002>

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Dünyadaki elektrik enerjisi ihtiyacının büyük bölümü; kömür, doğalgaz gibi geleneksel enerji kaynakları kullanılarak karşılanmaktadır [1]. Çevresel etki açısından bakıldığında, geleneksel enerji kaynaklarının çevresel kötü etkilerinin yüksek olduğu ve çoğu zaman canlılar üzerinde geri dönüşü olmayan kalıcı hasarlar oluşturduğu bilinmektedir [2]. Sürdürülebilirlik açısından bakıldığında ise bu kaynaklar dünyada sınırlı miktarda bulunduğundan, gelecekte alternatif enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulacağı görülmektedir. Geleneksel enerji kaynaklarının bu olumsuz yönleri, ülkeleri alternatif enerji kaynaklarını kullanmaya yöneltmiştir[3]. Birçok ülke alternatif enerji kaynakları kullanımını arttırmak için destekleyici politikalar oluşturmuştur [4]. Bu politikalar sayesinde dünya üzerinde yenilenebilir enerji kaynağı kullanan (rüzgâr, güneş ve hidroelektrik enerji dönüşüm) tesisleri (YET) kurulu gücü hızla artmıştır[5].

Enterkonnekte elektrik şebekelerine bağlı YET kurulu gücünün artmasıyla beraber elektrik şebekelerinde bazı işletim sorunları ile karşılaşmıştır [6]. Bu sorunlardan en önemlisi YET tesislerinin üretimlerinde görülen kısa, orta ve uzun süreli değişimlerden kaynaklanmaktadır. Kısa süreli değişimlerin etkisi şebekedeki frekans ve güç dengesi üzerinde olmaktadır. Elektrik şebekelerinde sabit frekansta çalışmanın sağlanabilmesi için anlık olarak arz ve talep güç birbirine eşit olmalıdır. YET tesislerinin değişken üretimleri ise şebekedeki arz-talep güç dengesine bozucu yönde etki uygulamaktadır. Bu konuda yapılan araştırmalar güç dengesini bozan etkinin ortadan kaldırılabilmesi için büyük ölçekte enerji depolama sistemlerine ihtiyaç duyulduğunu ortaya koymuştur[7-9]. Orta ve uzun vadede görülen üretim değişimleri ise şebekede arz fazlası ve arz açığı oluşmasına sebep olacaktır. Bu durum şebekedeki diğer tesislerin devreden çıkarılması veya devreye alınması ile ortadan kaldırılabilir fakat YET üretimlerinin yüksek olduğu dönemlerde diğer tesislerin atıl kalması ekonomik açıdan istenilmeyen bir durumdur.

Bu çalışmada değişken YET üretimlerinin daha düzenli hale getirilmesi için bir çözüm yöntemi üzerinde durulmuştur. Önerilen çözüm yöntemi, iklimsel etkiler ile farklı zaman aralıklarında üretim yapan YET tesislerinin kendi içerisinde üretimlerini daha dengeli ve sürekli hale getirebileceği temeline dayanmaktadır [10, 11]. Yönteme göre; yaz aylarında düşen HES üretimleri GES'ler ile kış aylarında düşen

GES üretimleri HES'ler ile tamamlanabilecektir. Bu konuda yapılmış çalışmalar incelendiğinde farklı kaynak kullanan YET tesisleri (güneş enerjisi santrali (GES), rüzgâr enerjisi santrali (RES), hidroelektrik santral (HES) üretimlerinin birbirini ne derece tamamladığının bazı metotlar kullanılarak incelendiği görülmektedir. Bu metotlar genelde istatistiksel analizler olmuştur. Analizlerde; Pearson korelasyon katsayısı [11-15], grafiksel inceleme [11, 13, 14], Spearman katsayısı [12], çapraz korelasyon [15] kullanılmıştır. Ayrıca literatürdeki çalışmaların, farklı enerji kaynakları ve farklı ülkeler için yapıldığı da görülmektedir. [16] çalışmasında, Portekiz'deki RES, GES, HES üretimleri incelenmiştir. [13]'te anlatılan çalışmada İtalya'daki nehir tipi HES ve GES'ler değerlendirilmiştir. [17]'da Brezilya'daki RES ve GES üretimleri arasındaki korelasyon analizi yapılmıştır. Fakat Türkiye için YET tesisleri üretimlerinin bu kapsamda irdelenmediği görülmektedir. Literatürdeki eksikğin giderilmesi amacıyla bu makalede anlatılan çalışma yapılmıştır.

Bu çalışmada, Malatya ilindeki bir HES ve bir GES tesisi üretimlerinin ne derece birbirlerini tamamladıkları irdelenmiştir. İncelenen HES tesisi üretimleri ilde faaliyet gösteren bir tesisten alınmış gerçek verilerdir. GES üretimleri ise PVSYST yazılımı ile oluşturulmuş bir model ve uydu verileri kullanılarak elde edilmiştir. Bu iki tür tesis üretimlerinin tamamlayıcılığı ise Pearson korelasyon katsayısı kullanılarak değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular ve bazı değerlendirmeler sırasıyla Bölüm 5.1 ve Bölüm 5.2 de verilmiştir. Çalışmanın literatüre katkısı, Türkiye için henüz incelenmemiş olan farklı YET tesisleri üretimlerinin gerçekleştirilmesi olmuştur.

Bu makale 8 bölümden oluşmaktadır. Bölüm 1'de, konu ile ilgili genel bilgiler, kısa bir literatür özeti ve yapılan çalışmanın ana hatları verilmiştir. Bölüm 2 ve Bölüm 3'te, sırasıyla çalışmada incelenen HES ve GES tesisleri tanıtılmıştır. Bölüm 4 ve 5'te, çalışmada kullanılan yöntem ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Çalışma sonucu elde edilen bulgular ve bazı değerlendirmeler sırasıyla Bölüm 6 ve Bölüm 7'da verilmiştir. Bölüm 8'de referans olarak kullanılan makaleler verilmiştir.

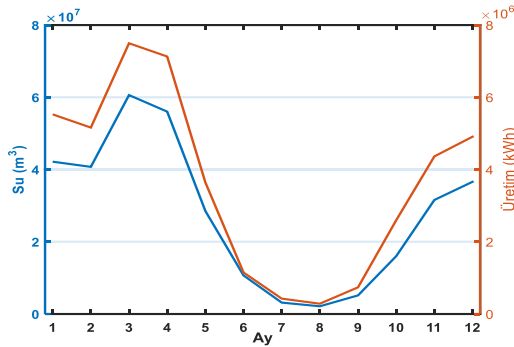
2. HES (HPP)

Bu bölümde, çalışmada incelenen HES tanıtılmıştır. Tesis Malatya ilinde, su gücünden elektriksel güç elde etmek amacıyla kurulmuş bir nehir tipi HES'tir. Bu tip tesislerde su depolama

amaçlı rezervuar bulunmamaktadır. Akarsudan kanallar ile alınan su küçük hacimli bir yükleme havuzunda biriktirilmekte ve cebri boru ile türbinlere aktarılmaktadır. Tesisin genel görünüşü Şekil 1’de verilmiştir. Bu tip tesislerin üretimi akarsuyun mevsimsel olarak değişen debisine bağımlı olarak değişmektedir. Tesisin aylık ortalama üretimi ve tesise gelen aylık ortalama su debisi Şekil 2’deki grafikte verilmiştir.



Şekil 1. Tesis genel görünüşü (General view of plant)



Şekil 2. Aylık ortalama debi ve üretim değerleri (Monthly flow and production values)

Tesiste iki adet ünite bulunmaktadır. Üniteler, Alstom marka dikey eksenli Francis türbin ve senkron jeneratörden oluşmaktadır. Ünite çıkış gerilimleri yine Alstom marka iki adet yükseltici trafo kullanılarak şebekeye enerji akışı sağlanmaktadır. Tesise ilişkin bazı teknik detaylar aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Tablo 1. Tesise ilişkin bazı teknik detaylar (Some technical details of power plant)

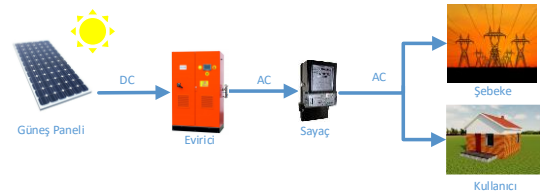
Tesis türü	Nehir tipi HES
Düşü (m)	52,89
Cebri Boru Boyu (m)	157,4
Ünite Debisi (m ³ /s)	14,85
Türbin Gücü (kW)	7080
Jeneratör Gücü (kW)	8000
Güç Faktörü	0,85

Bu çalışmada, yukarıda genel hatlarıyla tanıtılmış olan HES üretimlerindeki salınımın bir GES üretimi ile ne derece yumuşak hale getirilebileceği

irdelenmiştir. Bu kapsamda irdelenmiş olan GES tesisi ve üretimi bir sonraki bölümde tanıtılmıştır.

3. GES (SPP)

Bu çalışmada kullanılan GES üretim verileri PVSYS yazılımı ile oluşturulmuş bir model üzerinden elde edilmiştir. GES tesis modeli Malatya ili için oluşturulmuştur. Tesis kurulu gücü 12,5 MW’tır. Tesis koordinatları 38.4 kuzey enlemi ve 38.3 doğu boylamıdır. Optimum verim için panellerin eğimi 34° ve azimut açısı 0° olarak alınmıştır. Şebekeye bağlı bu GES modelinde fotovoltaik paneller ve eviriciler kullanılmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. GES şematik gösterimi (Schematic expression of SPP)

Santralin modellenmesi aşamasında 46300 adet polikristal fotovoltaik panel kullanılmış ve bu paneller 20 seri ve 2315 paralel halde bağlanmıştır. GES’te kullanılan fotovoltaik panellerin genel özellikleri Tablo 2 de verilmiştir.

Tablo 2. Fotovoltaik panel özellikleri (Properties of photovoltaic cell)

Nominal Güç	270 Wp
Güç Toleransı	%-0/+5Wp
Nominal Gerilim	49,6V
Modül Verimi	% 16,8
Nominal Akım	5,54A
Kısa Devre Akımı	6A
Maksimum Sistem Voltajı	1000V
Ağırlık	19,5kg
Genişlik*Uzunluk	1062*1580mm

Güneş enerjisi, fotovoltaik paneller tarafından DC elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. DC gerilimin şebeke üzerinden taşınması, zor ve büyük maliyetler gerektirmesinden dolayı panel çıkışındaki DC enerji eviriciler yardımıyla AC enerjiye dönüştürülmektedir. Güneş enerji santralinde kullandığımız eviricinin genel özellikleri Tablo 3 de verilmiştir.

Tablo 3. Evirici özellikleri (Properties of converter)

Evirici Marka ve Modeli (SOLO 500 / ISC-33-114)	
Evirici Girişi	
Nominal PV Gücü	508kW
Kontrol Ünitesi	MPPT
MPPT Gerilim	550-1100V _{DC}
PV Giriş Sayısı	3

PV Maksimum Akımı	380A
Evirici Çıkışı	
Nominal AC Güç	500 kW
Maksimum AC Güç	550 kW
AC Gerilim	330 V _{AC}
AC Nominal Akım	875 A
Frekans	50-60 Hz

4. PEARSON KORELASYON ANALİZİ (PEARSON CORRELATION ANALYSIS)

Korelasyon analizi, iki değişken arasındaki ilişkiyi veya bir değişkenin iki ya da daha fazla değişkenle olan ilişkisini test etmek için kullanılan ve bu ilişkinin yönünü, derecesini, önemini ortaya çıkaran istatistiksel bir analiz yöntemidir [18]. Korelasyon analizindeki amaç; bağımsız bir X değişkeni değ iştiği zaman, bağımlı bir Y değişkenin ne yönde ve ne büyüklükte değ işeceğini göstermektir.

Korelasyon katsayısı genelde küçük r harfi ile gösterilir ve -1 ile +1 aralığında değ er alır. r'yi veren Eşitlik 1'de verilmiştir [19]. Korelasyon katsayısı olan r değ eri negatif ise, X ve Y değ işkenleri zıt yönde hareket ediyor demektir. Yani X değ eri arttığı durumda Y değ eri azalıyor, X değ eri azaldığı zaman Y değ eri artıyor demektir. r pozitif bir değ er ise X ve Y aynı yönlerde paralel hareket ediyor anlamına gelmektedir. r değ erinin 0 olması durumu ise iki değ işken arasında herhangi bir ilişki olmadığını göstermektedir.

$$r = \frac{\sum(xy) - (\sum x)(\sum y) / n}{\sqrt{[(\sum x^2) - (\sum x)^2 / n][(\sum y^2) - (\sum y)^2 / n]}} \quad (1)$$

Pearson korelasyon katsayısı (r) ile X ve Y değ işkenleri arasındaki ilişki aşağıdaki Tablo 4 de verilmiştir.

Tablo 4. Korelasyon katsayısı ilişki derecesi
(Correlation coefficient relation degree)

Pozitif Korelasyon		Negatif Korelasyon	
r Değ eri	İlişki	r Değ eri	İlişki
(0,00)-(0,25)	Çok Zayıf	(0,00)-(-0,25)	Çok Zayıf
(0,26)-(0,49)	Zayıf	(-0,26)-(-0,49)	Zayıf
(0,50)-(0,69)	Orta	(-0,50)-(-0,69)	Orta
(0,70)-(0,89)	Yüksek	(-0,70)-(-0,89)	Yüksek
(0,90)-(1,00)	Çok Yüksek	(-0,90)-(-1,00)	Çok Yüksek

Önceki bölümlerde anlatılmış olan tesislerin üretimleri için yapılmış korelasyon analizi bir sonraki bölümde ayrıntılı olarak verilmiştir.

5. HES VE GES İÇİN OPTIMUM ENERJİ KARIŞIMININ BELİRLENMESİ

(DETERMINATION OF OPTIMAL ENERGY MIX FOR HPP AND SPP)

GES ve HES gibi yenilenebilir enerji kaynakları sürekli olarak enerji üretmemektedir. Malatya ili için GES üretimleri yaz aylarında artarken kış aylarında azalmaktadır. HES üretimleri ise kış ve ilkbahar aylarında artmakta diğ er aylarda azalmaktadır. Yenilenebilir enerji santrallerindeki bu düzensiz üretim, istenmeyen bir durumdur. Bu çalışmada, HES ve GES üretimindeki bu düzensizliği en az değ erlere indirmek için en uygun enerji karışımı tespit edilmeye çalışılmıştır. En uygun enerji karışımı aşağıdaki eşitlik kullanılarak tespit edilmiştir.

$$P = \alpha P_H + (1 - \alpha) P_G \quad (2)$$

Eşitlik 2'de yer alan P değ eri HES ve GES üretimlerinin belirli oranda karışımı ile elde edilmiş toplam güç değ eridir. PH ve PG sırasıyla HES ve GES aylık üretimlerinin yıllık ortalama üretime bölünmesiyle elde edilmiştir. Formülde kullanılan α değ eri ise 0 ile 1 arasında değ işmektedir. α 'nın 1 olduğu durumda sadece GES santrali çalışmakta ve 'nın 0 olduğu durumda ise sadece HES santrali çalışmaktadır. α değ eri 0-1 aralığında değ iştirilerek elde edilmiş sonuçlar Şekil 4'te verilmiştir.

5. BULGULAR (RESULTS)

Bu bölümde çalışma sonucu elde edilen bulgular özetlenmiştir.

5.1. Korelasyon Katsayısı (Correlation Coefficient)

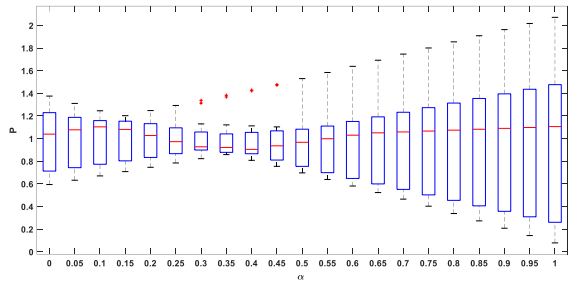
Malatya ili için yapılan bu çalışmada, GES ve HES arasındaki ilişkiyi belirlemek için korelasyon analizi yapılmıştır. Bu amaçla bölgede kurulu bulunan 12,5MW gücünde HES'in bir yıllık üretim verileri ve PVSYSYT benzetim programı üzerinde modellenmiş 12,5MW gücünde GES tesisinin bir yıllık üretim verileri kullanılmıştır. Yapılan analiz sonucunda HES ve GES arasındaki korelasyon katsayısı -0,652 olarak bulunmuştur.

Korelasyon katsayısının negatif olması GES ve HES tesislerinin aylık üretimlerinin zıt yönlü olduğunu göstermektedir. Yani GES üretimi arttığı zamanlarda HES üretimi azalmakta, HES üretiminin arttığı zamanlarda ise GES üretimi azalmaktadır. HES ve GES tesislerinin bu şekilde çalışması, farklı enerji

kaynaklarının birbirini tamamladığını göstermektedir. Elde edilen korelasyon katsayısı Tablo 4'e göre yorumlandığında her iki santral arasında orta seviyede bir ilişki olduğu görülmektedir.

5.2.HES ve GES İçin Optimum Enerji Karışımı (Optimum Energy Mix for HPP and SPP)

Yapılan çalışmalar sonucunda her bir α değeri için HES ve GES üretim karışımlarının kutu grafikleri, Şekil 4'te verilmiştir. Her bir kutu grafik santrallerin ürettiği 12 aylık üretim değerleridir. Kutu grafiklerdeki kırmızı çizgiler medyan değerleridir. Mavi kutular değerlerin ilk çeyreği ile son çeyreği arasındaki kısmı kapsamaktadır. Kırmızı artılar, kutu grafik dışında kalan değerlerdir. Şekil 4 incelediğinde toplam aylık üretim değerlerinin α katsayısının 0.25 olması ile elde edilebileceği görülmüştür. α 'nın diğer değerleri için ise enerji üretimindeki dalgalanmanın arttığı görülmektedir.



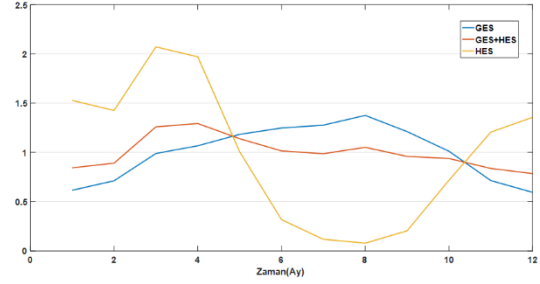
Şekil 4. HES ve GES üretim karışımlarının kutu grafikleri (Box plots of HPP and SPP energy mixes)

Farklı α değerleri için elde edilmiş enerji karışımlarının değişimini değerlendirmek amacıyla toplam üretimlerin standart sapmaları hesaplanmıştır. Bu hesaplamalara göre iki tesis üretiminin en düşük standart sapma değeri 0,162 olarak elde edilmiştir. Hesaplanan standart sapmalar Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. HES ve GES karışımında standart sapma (Standard deviation in HPP and SPP energy mix)

GES Katsayısı	HES Katsayısı	Standart Sapma
1,000	0,000	0,276
0,950	0,050	0,241
0,900	0,100	0,209
0,850	0,150	0,184
0,800	0,200	0,167
0,750	0,250	0,162
0,700	0,300	0,170
0,650	0,350	0,189
0,600	0,400	0,216
0,550	0,450	0,248
0,500	0,500	0,284

HES ve GES tesislerinin senelik ortalama üretimleri ile normalize aylık üretimler Şekil 5'te gösterilmiştir. HES tesislerinin yıllık üretimi incelendiğinde 2 birim büyüklüğünde dalgalanmalar olduğu görülmektedir. GES tesisinin üretim verileri incelendiği zaman ise yaklaşık 1 birim büyüklüğünde dalgalanma görülmektedir. Fakat α değerinin 0.25 olduğu durumda, HES ve GES üretim karışımında yaklaşık olarak 0.5 birim büyüklüğünde dalgalanma olduğu görülmektedir.



Şekil 5. Malatya ili; HES, GES ve HES+GES üretim karışımı (Malatya city; HPP, SPP and HPP+SPP energy mix)

7.SONUÇ VE TARTIŞMA (RESULT AND DISCUSSION)

Bu çalışmada Malatya ilindeki bir HES ve bir GES üretimlerinin ne derece birbirlerini tamamladıkları irdelenmiştir. Bu amaçla iki tesisin üretimi arasındaki korelasyon katsayısına bakılmıştır. Tesislerin üretim korelasyon katsayısı -0.625 olarak bulunmuştur. Bu sonuç HES ve GES tesislerinin aylık üretimlerinin aynı zaman dilimlerinde orta seviyede ve zıt yönlü olduğunu ifade etmektedir.

Malatya ilindeki HES üretimleri incelendiğinde kış ve ilkbahar aylarında üretimin en yüksek seviyelerde olduğu görülmüştür. GES üretimlerinin ise yaz aylarında en üst seviyelere geldiği gözlemlenmiştir. Bu enerji kaynaklarının üretimlerindeki dalgalanmalar yenilenebilir enerji kaynakları için bir dezavantaj oluşturmaktadır. Bu çalışmada kaynakların enerji üretimindeki dalgalanmaları en az seviyelere indirgenerek, iki tür kaynak arasındaki en uygun karışım oranı belirlenmiştir. Malatya ilinin en uygun tesis karışımında, HES %25 ve GES %75 olarak elde edilmiştir. Elde edilmiş bu karışım oranları baz alınarak kurulabilecek santrallerin enerji üretimindeki dalgalanmalar minimum seviyelerde olacaktır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] A. Beluco, P. K. de Souza and A. Krenzinger, “A dimensionless index evaluating the time complementarity between solar and hydraulic energies”, *Renewable Energy*, vol. 33(10), pp. 2157-2165, doi:10.1016/j.renene.2008.01.019, 2008
- [2] J. Benesty, J. Chen, Y. Huang and I. Cohen, *Pearson correlation coefficient*, Noise reduction in speech processing, Springer, 2009, pp. 1-4, 2009
- [3] P. E. Bett and H. E. Thornton, “The climatological relationships between wind and solar energy supply in Britain”, *Renewable Energy*, vol. 87, pp. 96-110. doi:10.1016/j.renene.2015.10.006, 2016.
- [4] I. Bozkurt, “Energy resources and their effects on environment”, *WSEAS Transactions on Environment and Development*, vol. 6(5), pp. 327-334, 2010.
- [5] M. P. Cantão, M. R. Bessa, R. Bettega, D. H. M. Detzel and J. M. Lima, “Evaluation of hydro-wind complementarity in the Brazilian territory by means of correlation maps”, *Renewable Energy*, vol. 101, pp. 1215-1225, doi:10.1016/j.renene.2016.10.012, 2017.
- [6] J. Cohen, P. Cohen, S. G. West and L. S. Aiken, 2013. *Applied multiple regression/correlation analysis for the behavioral sciences*, 3rd edition, Routledge.
- [7] P. S. dos Anjos, A. S. A. da Silva, B. Stošić and T. Stošić, “Long-term correlations and cross-correlations in wind speed and solar radiation temporal series from Fernando de Noronha Island, Brazil”, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, vol. 424, pp. 90-96, doi:10.1016/j.physa.2015.01.003, 2015
- [8] O. Ellabban, H. Abu-Rub and F. Blaabjerg, “Renewable energy resources: Current status, future prospects and their enabling technology”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol.39, pp. 748-764, 2014.
- [9] B. François, M. Borga, J. D. Creutin, B. Hingray, D. Raynaud and J. F. Sauterleute, “Complementarity between solar and hydro power: Sensitivity study to climate characteristics in Northern-Italy”, *Renewable Energy*, vol. 86, pp. 543-553, doi:10.1016/j.renene.2015.08.044, 2016,
- [10] B. François, B. Hingray, D. Raynaud, M. Borga and J. D. Creutin, “Increasing climate-related-energy penetration by integrating run-of-the river hydropower to wind/solar mix”, *Renewable Energy*, vol. 87, pp. 686-696, doi:10.1016/j.renene.2015.10.064, 2016
- [11] F. N. Laird and C. Stefes, “The diverging paths of German and United States policies for renewable energy: Sources of difference”, *Energy Policy*, vol. 37(7), pp. 2619-2629, 2009.
- [12] N. Lior, “Energy resources and use: The present situation and possible paths to the future”, *Energy*, vol. 33(6), pp. 842-857, 2008
- [13] P. S. Moura and A. T. de Almeida, “Multi-objective optimization of a mixed renewable system with demand-side management”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 14(5), pp. 1461-1468, doi:10.1016/j.rser.2010.01.004, 2010.
- [14] J. P. Painuly, “Barriers to renewable energy penetration; a framework for analysis”, *Renewable Energy*, vol. 24(1), pp. 73-89, 2001
- [15] A. R. Silva, F. M. Pimenta, A. T. Assireu and M. H. C. Spyrides, “Complementarity of Brazil’s hydro and offshore wind power”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 56, pp. 413-427 doi:10.1016/j.rser.2015.11.045, 2016.
- [16] J. S. Szmyd, “World Energy Resources and New Technologies”, *Papers on Global Change IGBP*, vol. 23(1), doi:10.1515/igbp-2016-0003, 2016
- [17] C. Yıldız and M. Şekkeli, “Türkiyede Bir Rüzgar Enerjisi Santrali ile Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santralin Birlikte İşletilmesi”, *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, vol. 1(2), 59-66, 2014
- [18] C. Yıldız and M. Şekkeli, “Türkiyede Bir Rüzgar Enerjisi Santrali Üretim Karakteristiğinin Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santral ile Değiştirilmesi”, *SDÜ Yekarum e-Dergi*, vol. 3(2), 2016, [Online]. Available: <http://dergipark.gov.tr/yekarum/issue/30536/330356>, [Erişim: Mayıs 10, 2018]
- [19] C. Yıldız and M. Şekkeli, “Türkiye gün öncesi elektrik piyasasında rüzgar enerjisi ve pompaj depolamalı hidroelektrik santral için optimum teklif oluşturulması”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, vol 22(5), pp. 361-366, 2016.

İsrafil KARADÖL

İsrafil Karadöl, 1991 yılında Kahramanmaraş'ta doğmuştur. Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Kilis Meslek Yüksekokulunda Elektrik ve Enerji Bölümünde Öğretim Görevlisi olarak çalışmaktadır. Çalışma alanları rüzgar ve güneş enerjisi hibrit sistemleridir.

Ceyhun YILDIZ*

Ceyhun Yıldız, 1979 yılında Kahramanmaraş'ta doğmuştur. 2017 yılında KSÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği bölümü doktora programından mezun olmuştur. KSÜ Elbistan Meslek Yüksekokulunda Öğretim Görevlisi olarak çalışmaktadır. Çalışma alanları, yenilenebilir enerji tesisleri ve kontrol sistemleridir.

Ö. Fatih KEÇECİOĞLU

Ökkeş Fatih Keçeciöglü, 1989 yılında Kahramanmaraş'ta doğmuştur. 2017 yılında KSÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği bölümü doktora programından mezun olmuştur. KSÜ Mühendislik Mimarlık Fakültesi'nde öğretim üyesi olarak çalışmaktadır. Çalışma alanları elektrik tesisleri ve enerji kalitesidir.

Mustafa ŞEKKELİ

Mustafa Şekkeli, 1963 yılında Kahramanmaraş'ta doğmuştur. 2005 yılında İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği bölümü doktora programından mezun olmuştur. KSÜ Mühendislik Mimarlık Fakültesi'nde Doçent öğretim üyesi olarak çalışmaktadır. Çalışma alanları elektrik tesisleri ve enerji kalitesidir.