

# EV TİPİ YENİLENEBİLİR HİBRİT SİSTEM İÇİN MİKRO-GENETİK ALGORİTMA İLE OPTİMAL YÜK PLANLAMASI

Özay CAN

Düzce Üniversitesi

Elektrik Elektronik Müh.

ozaycan28@hotmail.com

Nedim TUTKUN

Düzce Üniversitesi

Elektrik Elektronik Müh.

nedimtutkun@duzce.edu.tr

**Özet** — Bütün güç sistemlerinin temel kuralı üretilen güç ile yük arasındaki dengeyi sağlamaktır. Bunu gerçekleştirmek çok değişkenli ve kısıtlı bir optimizasyon probleminin çözümü ile mümkündür. Bu şekilde güç sisteminin işletim maliyetinde kayda değer bir azalma sağlanabilir. Ancak bu tür karmaşık problemlerin çözümünde sıradan bir yöntem yerine, meta-sezgisel bir yaklaşım daha doğru olabilir. Bu çalışmada, rüzgar türbinleri, güneş panelleri ve bataryalardan meydana gelen şebekeden bağımsız yenilenebilir hibrit sistemin, bir evin günlük enerji ihtiyacını minimum işletme maliyetinde karşılaması için reel sayılarla kodlanmış mikro-genetik algoritmalar tekniğini temel alan optimal güç planlaması yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar planlama yapılmayan yük durumuna göre, dikkate değer oranda bir iyileşmenin sağlandığını göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler** - güç planlaması, mikro-genetik algoritmalar, yenilenebilir hibrit sistem.

## I. GİRİŞ

Son yıllarda ülkemizde yaşanan sanayileşme, teknolojik gelişmeler ve artan nüfus insan hayatındaki en önemli ihtiyaçlardan birisi olan enerji ihtiyacında, sürekli bir artışa neden olmaktadır. Günümüzde, doğalgaz, petrol, kömür gibi geleneksel yakıtlar enerjinin büyük kısmını karşılamasına rağmen, bu kaynakların çevreye olumsuz yönde etkileri olmaktadır. Bu nedenle sınırlı güç ihtiyacının karşılanmasında alternatif kaynaklara yönelim öngörülenden daha hızlı bir şekilde artmaktadır [1]. Alternatif enerji kaynakları arasında gösterilen rüzgar ve güneş gibi yenilenebilir enerji kaynakları

geleneksel enerji kaynaklarıyla işletim maliyetleri açısından karşılaştırıldığında oldukça avantajlı olduğu görülmektedir.

Türkiye özellikle güneş enerjisi ve rüzgar enerjisi başta olmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretme noktasında zengin bir potansiyele sahiptir. Türkiye nüfusunun büyük çoğunluğu bağlaşımlı şebeke yapısı nedeniyle elektrik enerjisine erişim imkanına sahiptir. Ancak bu şebekenin ulaşamadığı yerlerde elektrik enerjisini temin etmek için güneş ve rüzgarı esas alan yenilenebilir mikro-hibrit enerji sistemlerini kurmak mümkündür [2].

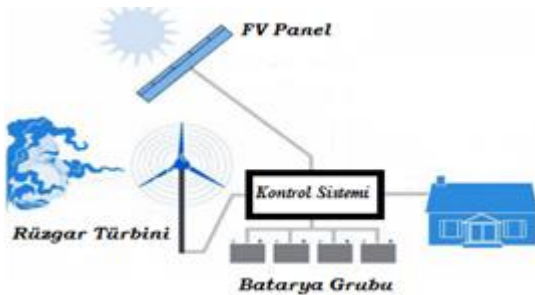
Hibrit sistemler genel olarak güneş panelleri, rüzgar türbinleri, yakıt pilleri, biyogaz, bataryalar, dizel jeneratörler ve yüklerden meydana gelmektedir. Ancak düşük maliyetli enerji üretimi için çok bileşenli hibrit sistem yerine daha çok rüzgar türbinleri, fotovoltaiik paneller ve akülerden oluşan bir hibrit sistem tercih edilir. Böyle bir sistem kırsal kesimde yer alan tipik bir konutun enerji ihtiyacını sürekli olarak en az maliyetle karşılayacak şekilde dizayn edilir. Ancak rüzgar ve güneş enerjisinin düzensiz olması nedeniyle sürekli enerji temini mümkün olmayabilir. Böyle durumlarda aynı yükleri fire vermeden beslemek için bir dizel jeneratörün hibrit sisteme entegre edilmesi gerekir. Ancak bu işletim maliyetiyle birlikte yatırım maliyetini de önemli ölçüde artırır. Bu nedenle maliyeti daha aşağıda tutmak için sistemin beslediği yüklerin günlük saatlik periyotlarla planlanmasına gerek duyulur [2]. Bu konuda yapılmış sınırlı sayıda çalışma bulunmakta olup bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir.

Kadar gerçekleştirdiği çalışmada, rüzgar türbinleri, güneş panelleri, yakıt hücresi ve bataryadan oluşan hibrit sistemin

lineer programlama yöntemini kullanarak optimal güç planlamasını gerçekleştirmiştir [3]. Benzer şekilde, Morais ve arkadaşları GAMS (General Algebraic Modeling Systems) programı üzerinde doğrusal katsayılı lineer programlama aracılığıyla güç planlamasını yaparak hibrit sistemin performansını yükseltmeyi amaçlamışlardır [4]. Sistem rüzgar türbinleri, güneş panelleri, yakıt hücresi ve bataryadan oluşmaktadır. Diğer bir çalışmada ise Bansal ve arkadaşları MATLAB® üzerinde lineer programlama yöntemini kullanarak fotovoltaik paneller, rüzgar türbinleri, dizel jeneratör ve bataryadan oluşan hibrit sistemin günlük planlamasını gerçekleştirmişlerdir [5]. Derin ve arkadaşları ise bir evde bulunan elektrikli arabanın şarjı, bulaşık yıkama ve çamaşır yıkama gibi üç aktivitenin birim enerji maliyetlerine bağlı olarak planlamasını yapmışlardır [6]. Bununla birlikte, Zhang ve arkadaşları biri 10, diğeri 50 adet akıllı evden oluşan iki örnekte doğrusal binari katsayılı lineer programlama yöntemi kullanarak maliyeti en aza indirmek amacıyla bu evlerde bulunan elektrikli cihazların optimal planlamasına yönelik çalışmalar yürütmüşlerdir [7]. Bu çalışmada, tipik bir modern konutta kullanılan elektrikli aygıtların şebekeden bağımsız rüzgar-fotovoltaik hibrit sistemle beslenmesi için yük planlaması MATLAB® ortamında reel kodlu genetik algoritmalar (GA) yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

## II. HİBRİT SİSTEM VE GÜÇ PLANLAMASI

Optimal güç planlamasını gerçekleştireceğimiz yenilenebilir hibrit sistemin bir benzeri Şekil 1’de gösterilmiştir. Şekil 1’de gösterildiği üzere hibrit sistem rüzgar türbini, fotovoltaik panel ve bataryalardan meydana gelmektedir. Sistemde bir adet 1 kW rüzgar türbini, sekiz adet 235 Wp fotovoltaik panel ve iki adet 200 Ah akü bulunmaktadır.



Şekil 1. Yenilenebilir hibrit sistem.

Yenilenebilir hibrit sistemde optimal güç planlaması amaç fonksiyon olarak belirlenen Eş. 1’in tüm kısıtları dikkate alarak çözülmesi ile gerçekleşir. Burada elde edilen çözüm hibrit sistemin konuttaki yüklerin minimum işletme maliyetinde karşılamasını sağlamaktadır. Bu eşitlikte kullanılan zaman aralığı bir saat olarak alınmıştır. Ancak

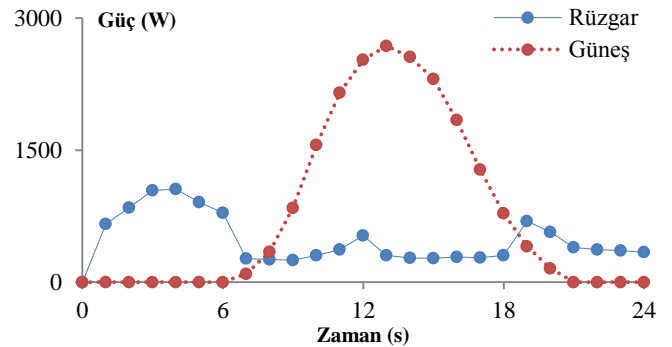
zaman aralığının azaltılmasının işletim maliyetini daha da düşüreceği öngörülmektedir.

$$M = \text{Min} \left[ \Delta t \sum_{t=1}^{24} [c_w P_w(t) + c_s P_s(t) - c_c P_c(t) + c_d P_d(t) + c_u P_u(t) - c_e P_e(t)] \right] \quad (1)$$

Aşağıdaki kısıtlara bağlı olmak kaydıyla;

1.  $\sum_{t=1}^{24} [P_w(t) + P_s(t) + P_d(t) - P_c(t) - P_e(t) + P_u(t) - P_l(t)] = 0$
2.  $P_{wmin} \leq P_w(t) \leq P_{wmax}$
3.  $P_{smin} \leq P_s(t) \leq P_{smak}$
4.  $P_c \leq 200 \text{ W}$
5.  $P_d \leq 200 \text{ W}$
6.  $P_d(t) - P_{st}(t-1) \leq 0$
7.  $P_{st}(0) = 100 \text{ W}$

Burada  $\Delta t$  periyodik zaman aralığını,  $P_w$  rüzgar türbini tarafından üretilen rüzgar gücünü,  $P_s$  fotovoltaik paneller tarafından üretilen gücü,  $P_l$  yük talep gücünü,  $P_c$  bataryalara şarj edilen gücü,  $P_d$  bataryalardan deşarj edilen gücü,  $P_u$  eksik gücü,  $P_e$  fazlalık gücü ve  $P_{st}$  depolama gücünü ifade etmektedir. Eş. 1’deki  $c_w$ ,  $c_s$ ,  $c_c$ ,  $c_d$ ,  $c_u$  ve  $c_e$  ifadeleri sırasıyla rüzgar gücünün, güneş enerjisi gücünün, bataryalara şarj edilen gücün, bataryalardan deşarj edilen gücün, eksik gücün ve fazlalık gücün birim maliyetleridir. TL/kWh cinsinden birim fiyatlar rüzgar gücü için 0,1, fotovoltaik panel gücü için 0,1, bataryaya şarj edilen güç için 0,1, bataryadan deşarj edilen güç için 0,15, eksik güç için 0,4 ve fazladan üretilen güç için 0 olarak hesaplanmıştır. Şekil 2’de bir yıllık ölçümler sonucu elde edilen saatlik ortalama rüzgar gücü ve güneş enerjisi gücü değerleri gösterilmiştir.



Şekil 2. Üretilen Gücün Saatlik Bazda Zamanla Değişimi.

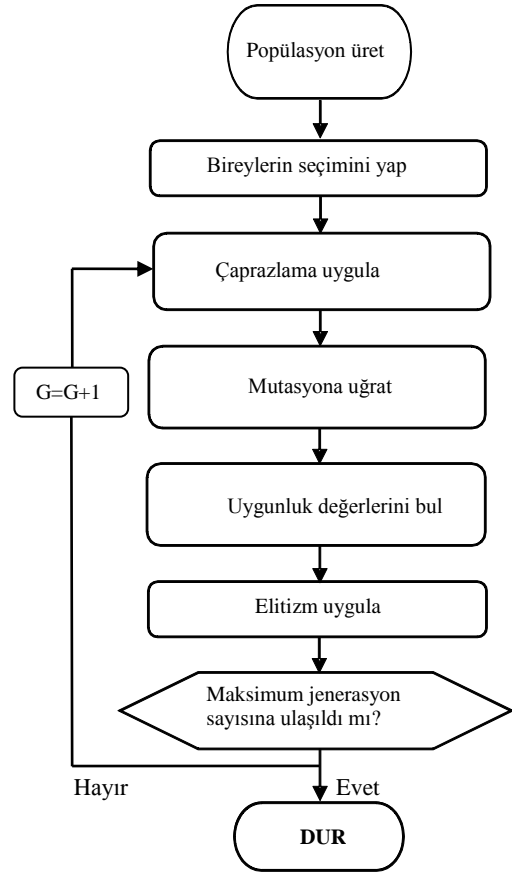
Şekil 2’de gösterilen güç değişim değerleri kullanılan rüzgar türbinleri ve fotovoltaik panellerden elde edilen değerler olup bu değişimler kullanılan türbin ve panel sayısına göre farklılık göstermektedir. Çizelge 1’de verilen tipik bir konutta kullanılan elektrikli aletlerin oluşturduğu yük profiline bakıldığında toplam kurulu gücün 14,3 kW olduğu görülmektedir. Yine aynı çizelgede söz konusu elektrikli cihazların güç değerleri, günlük muhtemel çalışma süreleri ve hangi zaman dilimlerinde çalıştırılması gerektiği gösterilmiştir. Çizelge verilerine göre planmasız saatlik güç dağılımında minimum ve maksimum güç tüketimi 0,5 kW ila 4,5 kW arasında değişmektedir. Bu şekildeki saatlik bazdaki dağılımın günlük maliyetinin 7,67 TL olduğu hesaplanmıştır. Zorunlu saatler dışında reel kodlanmış mikro GA (MGA) yardımıyla yapılan yük planlaması neticesinde bu değer yaklaşık %20 civarında azaldığı görülmüştür. Reel kodlanmış MGA ile yapılan planlamanın nasıl yapıldığı aşağıda izah edilmiştir.

**Çizelge 1. Evde Kullanılan Elektrikli Cihazlar.**

CİHAZIN ADI	GÜÇ (KW)	SÜRE (SAAT)	ÇALIŞMA ARALIĞI
BULAŞIK MAK.	1	3	9-17
ÇAMAŞIR MAK.	1	2	9-12
KURUTMA MAK.	3	1	13-18
SAÇ KUR. MAK.	2	1	8-9
FIRIN	3	1	18-19
TOST MAK.	1,7	1	8-9
AYDINLATMA	0,5	6	18-24
DİZÜSTÜ BİLG.	0,1	2	18-24
TELEVİZYON	0,3	3	18-24
ELEKTRİK SÜP.	1,2	1	9-17
BUZDOLABI	0,3	24	0-24
KOMBİ	0,2	24	0-24
<b>TOPLAM</b>	<b>14,3</b>		

Mikro GA (MGA) işleyiş açısından klasik GA’yla benzerlik göstermesine rağmen farklı olarak daha az sayıda popülasyona sahiptir. MGA optimizasyon probleminin olası çözümlerinden oluşan bir başlangıç popülasyonunun üretilmesiyle başlar. Popülasyondaki her bir olası çözüm kromozom veya string olarak isimlendirilir. Kromozom optimize edilmesi gereken problemin bütün özelliklerini taşır. Bu özelliklerin her biri ise gen olarak adlandırılır. Başlangıç popülasyonunun üretilmesinden sonra popülasyonda bulunan bütün kromozomların uygunluk değerleri amaç fonksiyonunu kullanarak elde edilen uygunluk fonksiyonu ile bulunur. Uygunluk fonksiyonu elde edilen sonucun hedeflenen sonuca yakınlık miktarını hesaplar. Daha sonra uygunluk fonksiyonu sonuçlarına göre en iyi uygunluk değerine sahip kromozom çiftleri rastgelelik prensibini esas alan rulet çemberi ile belirlenir. Seçim operatörü ile belirlenen kromozom çiftlerine %60 olasılıklı çaprazlama operatörü uygulanarak yeni bireyler

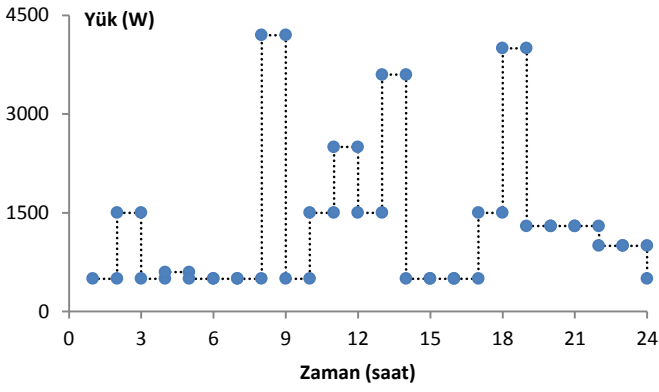
üretilir. Çaprazlama sonrasında elde edilen kromozomlar %5 olasılıkla mutasyona tabi tutulur. Bunun sonucunda mutasyona uğramış kromozomlardan farklı birkaç birey üretilir. Son olarak, en iyi bireyin bir sonraki jenerasyonda kaybolmasını önlemek için elitist strateji uygulanır. Böylece bir jenerasyon tamamlanmış olur ve durdurma kriteri sağlanıncaya kadar genetik süreç devam eder. Genetik sürecin akış şeması Şekil 3’te gösterilmiştir. Bu çalışmada, başlangıç popülasyonunda kullanılan kromozom sayısı 10, değişken sayısı 9, aritmetik çaprazlama ve düzensiz mutasyon tipi kullanılmıştır.



**Şekil 3. Genetik sürecin akış şeması.**

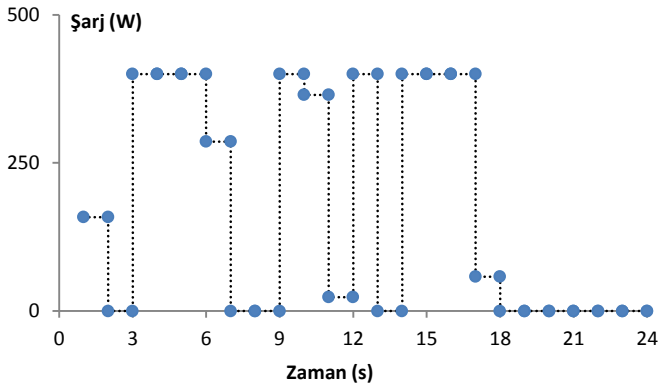
### III. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Geliştirilen MGA yazılımı 400 jenerasyon için çalıştırılmak suretiyle günlük bazda en düşük işletim maliyetini veren optimal yük dağılımı elde edilmiştir. Şekil 4’te günlük bazda sistemin en az maliyette çalışmasını sağlayan optimal yük değişimi gösterilmiştir. Burada yükün 0,5 kW ila 4,2 kW arasında değiştiği ve en büyük tüketimin 08:00-09:00 saatleri arasında olduğu görülmektedir. Şekil 5 ve 6 sırasıyla bataryaların şarj ve deşarj değişimlerini göstermektedir. Bu grafiklerden bataryaların saatlik bazda maksimum şarj ve deşarj kapasitesinin 400 Wh olduğu görülmektedir.

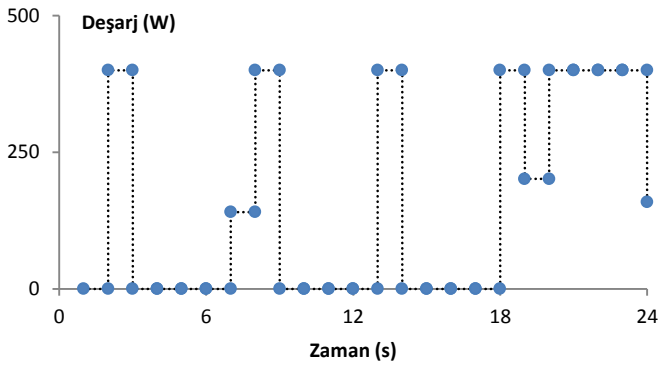


Şekil 4. Optimal Yük Değişimi.

Şekil 5 ve 6'dan görüldüğü üzere bataryalar rüzgar enerjisinin yüksek değerlerde olduğu saatlerde (03:00-06:00 ve 09:00-10:00) ve güneş enerjisinin yüksek değerlerde olduğu saatlerde (12:00-13:00 ve 14:00-17:00) tamamen şarj olurken, 02:00-03:00, 08:00-09:00, 13:00-14:00, 18:00-19:00 ve 20:00-24:00 saatleri arasında tamamen deşarj olmaktadır.



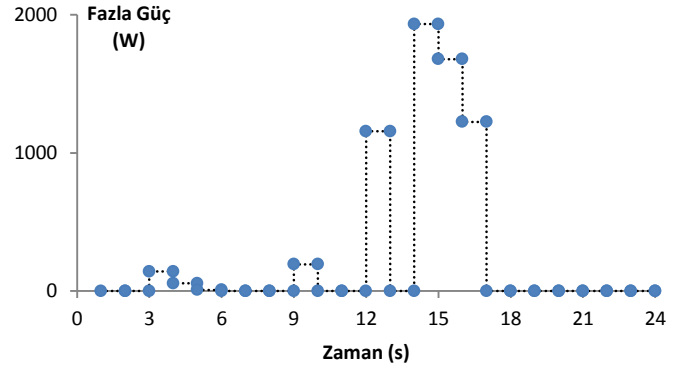
Şekil 5. Bataryalara Şarj Edilen Güç Değişimi.



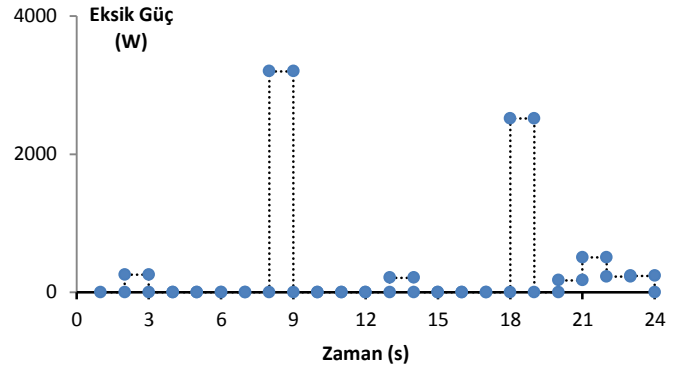
Şekil 6. Bataryalardan Deşarj Edilen Güç Değişimi.

Şekil 7 ve 8 sırasıyla gün içerisinde fazladan üretilen güç ve eksik kalan güç değişimlerini göstermektedir. Şekil 7'deki fazladan üretilen güç değişimine bakıldığında zaman, 03:00-05:00, 09:00-10:00, 12:00-13:00 ve 14:00-17:00 saatleri arasında üretilen güç yükü karşılamaktadır ve fazladan güç

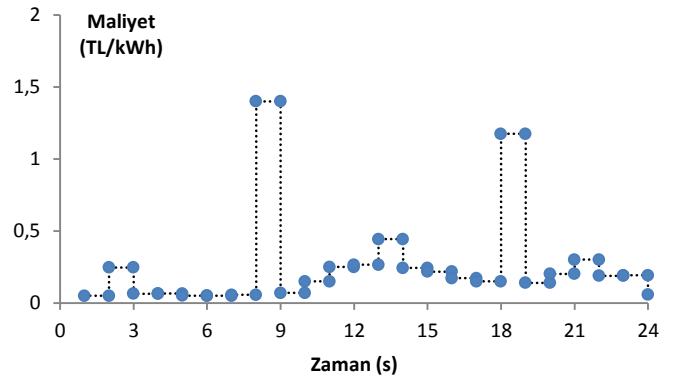
oluşmaktadır. Şekil 8'deki eksik güç grafiğinden görüldüğü üzere, 02:00-03:00, 08:00-09:00, 13:00-14:00 ve 18:00-24:00 saatleri arasında üretilen güç ve bataryalarda depo edilen güç miktarı yükü karşılayamamaktadır. Şekil 9 günlük bazda birim maliyet değişimini göstermektedir. Şekil 9'daki değişime bakıldığında ise, sistemin birim maliyetinin ortalama olarak 0,26 TL/kWh olduğu, 08:00-09:00 ve 18:00-19:00 saatleri arasında bu saatlerdeki eksik güç nedeniyle maliyetin en yüksek değerlerine çıktığı görülmektedir.



Şekil 7. Fazladan Üretilen Güç Değişimi.



Şekil 8. Eksik Güç Değişimi.



Şekil 9. Birim Maliyetin Saatlik Değişimi.

## IV. YORUM

Bu çalışmada MGA yöntemi yardımıyla optimal güç planlaması gerçekleştirilerek sistemin işletim maliyeti önemli ölçüde azaltılmıştır. Gün içerisinde tüketilen yüklerin büyük çoğunluğu en az maliyetle beslenmiş, fakat belirli saatlerdeki güç eksikliği nedeniyle yükün küçük bir kısmı karşılanamamıştır. Kullanılan yöntem birey sayısının minimum olması nedeniyle sonuca ulaşma konusunda diğer yöntemlere oranla daha hızlı olabilmektedir.

## KAYNAKLAR

[1] Erdiç O., Uzunoğlu M., A new perspective in optimum sizing of hybrid renewable energy systems consideration of component performance degradation issue, *International Journal of Hydrogen Energy*, (2012)

[2] Tutkun N., Minimization of operational cost for an off-grid renewable hybrid system to generate electricity in residential buildings through the SVM and the BCGA methods, *Energy and Buildings*, 76, 470-475, (2014)

[3] Kadar P., Scheduling the Generation of Renewable Power Sources, *5th Slovakian-Hungarian Joint Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics*, Poprad-Slovakia, (2007)

[4] Morais H., Kadar P., Faria P., Vale Z. A., Khodr H. M., Optimal scheduling of a renewable micro-grid in an isolated area using mixed-integer linear programming, *Renewable Energy*, (2010)

[5] Bonsal M., Saini R. P., Khatod D. K., An off-grid hybrid system scheduling for a remote area, *Institute of Electrical-Electronics Engineering*, (2012)

[6] Derin O., Ferrante A., Scheduling energy consumption with local renewable micro-generation and dynamic electricity prices

[7] Zhang D., Liu S., Papageorgiou L. G., Fair cost distribution among smart homes with microgrid, *Energy Conversion and Management*, (2014)