



## Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kullanarak Optimum Besleme Optimum Supply Using Renewable Energy Sources

S. C. Elmacı, B. Emre Türkay

Elektrik Mühendisliği Bölümü  
İstanbul Teknik Üniversitesi  
salimcenkelmaci@gmail.com, turkayb@itu.edu.tr

### Özet

*Bu çalışmada, işletmede olan bir fabrikanın elektrik enerjisi, yenilenebilir enerji kaynaklarından oluşan bir hibrit sistem tarafından karşılanmıştır. Tasarım yapılırken, hibrit enerji sistem kurulmasının ekonomik açıdan uygunluğu, sistemin talebi karşılayabilme yeteneği ve sağlanacak elektrik enerjisinin istenilen kalitede olup olmayacağı çeşitli analiz yöntemleri ve Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources (HOMER) benzetim programı ile araştırılmıştır. Ayrıca, var olan maliyet ve verim koşulları altında yapılan analizler sonucunda ortaya çıkan hibrit enerji sisteminin değerlendirilmesinin yanı sıra, bu sistemlerin önümüzdeki yıllarda maliyetlerindeki gerçekleşebilecek olası iyileşmelerin uygun sistem düzeninde ne gibi değişikliklere yol açacağı da araştırılmıştır. Seçilen tesis, günlük ortalama 24 MWh enerji tüketimi ve 4 MW puant güce sahiptir; Gebze, Kocaeli sınırlarında yer almaktadır.*

### Abstract

*In this study, it is aimed to supply the electrical power demand of a facility under operation by using hybrid renewable energy system. For this purpose, Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources (HOMER) program and various analysis methods are used to investigate the feasibility of the hybrid system in terms of economic, technical and ability to provide power demand. Furthermore, while the hybrid system is designed and evaluated with regard to current costs and efficiency ratios, the effect of decreasing unit costs of sub-systems at hybrid structure also evaluated. The pilot facility in this study where located in Gebze, Kocaeli has 24 MWh average energy consumption in daily and 4 MW peak value.*

### Giriş

Günümüz dünyasında hızla artan endüstrileşme ve nüfus artışına bağlı şehirleşme dolayısıyla toplam elektrik enerjisi ihtiyacı da hızla artmaktadır. Özellikle son yüzyılda farklı elektrik enerjisi üretim yöntemlerinin, sahip oldukları olumlu ve olumsuz yönleri hakkında birçok çalışma yapılmış ve bu çalışmaların önemli bir kısmında küresel ısınma tehlikesi ve sürdürülebilirlik kavramları vurgulanmıştır. Günümüzde, yenilenebilir enerji kullanımı her ne kadar artıyorsa da Dünya'nın elektrik enerjisi üretiminin büyük bir çoğunluğu

halâ yakıt olarak fosil kaynaklar kullanılan enerji üretim santrallerinden sağlanmaktadır. IEA 2011 yılı verilerine göre; Dünya'da yapılan toplam elektrik enerjisi üretiminin %68'i fosil yakıtlı enerji santrallerinden karşılanmıştır. [1] Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretiminde temel kaynak olarak kullanılması ise bu sistemlerin maliyetlerinin istenenden daha yüksek olması ve bu sistemlerin şebekedeki talep değişimlerine uyumunun tam sağlanamaması gibi nedenlerden dolayı henüz gerçekleştirilememektedir. Ancak daha iyi modellemeler ve zaman içinde yenilenebilir enerji sistemlerin maliyetlerindeki düşüşler ile birlikte bu kaynakların kullanımı artacaktır.

Hibrit enerji sistemleri, uygun bir şekilde modellendiklerinde; tek kaynağa dayalı yenilenebilir enerji sistemlerine göre yük değişimlerine daha iyi uyum sağlamaları, geleneksel enerji üretim yöntemlerine göre maliyet açısından cazip olmaları ve enerji üretirken toplamda daha az CO2 salımına yol açmaları gibi üstün yönlerinden dolayı tercih edilmeye başlanılan etkin çözümlerendir. [2],[3] Büyük güç üretimi yapılması hedeflenen yerlerde şebekeden bağımsız çalışan sistemlerin kullanılabilirliği artarken, bu sistemlerin enerji üretmek için rüzgâr enerjisi kullanmasının, güneş enerjisi kullanmaktan daha ekonomik bir çözüm yöntemi olduğu görülmektedir. Bu durumun oluşmasında güneş enerjisinden elektrik üreten panellerin büyük güç üretmek için oldukça fazla bir alana ihtiyaç duyması etkilidir. [4] Yine başka bir çalışma, hidrojen yakıt hücresi kullanımının güneş-rüzgâr birleşiminden oluşan hibrit sistemde çıkış gücündeki dalgalanmaları azalttığı ve sistemde ihtiyaç fazlası enerji üretilmesi durumunda, (güneş veya rüzgârdan) fazla enerjinin hidrojen tankında depolanmasını sağladığını göstermiştir. [5] Yapılan bu çalışmada, yenilenebilir kaynak olarak büyük kurulu güce ihtiyaç duyan bu sistemde rüzgâr türbinleri öne çıkmıştır. Ayrıca yapılan analizler sonucunda şebekeye bağlı sistemlerin şebekeden bağımsız olan sistemlere kıyasla maliyet açısından çok daha etkili çözümler olduğu görülmektedir

### 1.1. Tesisin Yük Verileri

Şekil 1'de tesisin ortalama günlük yük eğrisi görülmektedir. Çizelge 1'de tesisin yük bilgileri verilmiştir.



Şekil 1: Tesise ilişkin günlük ortalama yük eğrisi

Çizelge 1: Tesisin yük tablosu

Gün. Enerji	Gün. Ort.	Puant	Yük Faktör
24 MWh	1000 kW	3975	0,252

## 1.2. Bölgenin Yenilenebilir Potansiyeli

Çizelge 2’de bölgeye ait rüzgâr değerleri verilmiştir [6].

Çizelge 2: Bölgeye ilişkin ortalama rüzgâr hız değerleri

Ay	Ort. Hız (m/s)
Ocak	4,45
Şubat	3,63
Mart	4,20
Nisan	3,5
Mayıs	3,92
Haziran	4,15
Temmuz	5,61
Ağustos	5,79
Eylül	3,8
Ekim	4,09
Kasım	3,68
Aralık	4,06
Ortalama	4,25

Çizelge 2’de verilen ortalama hız değerleri 10 m yükseklikten alınan ölçüm değerleridir. Kurulacak olan rüzgâr türbinlerinin yüksekliklerine bağlı olarak kule seviyelerinde sahip oldukları hız değerleri de farklı olacağı için bu Çizelge 2 deki ortalama hız değerlerinin yüksekliğe bağlı olan değişimlerinin de ayrıca hesaplanması gerekmektedir.

Herhangi bir bölgenin ölçüm alındıktan farklı bir yüksekliğindeki rüzgâr hızını bulmak için güç kuralı ve logaritmik kural yaygın olarak kullanılır.

Güç Kuralı:

$$V_2 = V_1 \left( \frac{z_2}{z_1} \right)^\alpha \quad (1)$$

$V_1$ :  $Z_1$  yüksekliğindeki rüzgâr hızı (m/s)

$V_2$ :  $Z_2$  yüksekliğindeki rüzgâr hızı (m/s)

$Z_1$ : Alçakta bulunan seviyenin yüksekliği (m)

$Z_2$ : Yüksekte bulunan seviyenin yüksekliği (m)

$\alpha$ : rüzgâr kesme üssü

Logaritmik Kural:

$$V \cong V_{ref} \cdot \frac{\ln\left(\frac{Z}{Z_0}\right)}{\ln\left(\frac{Z_{ref}}{Z_0}\right)} \quad (2)$$

$V$ :  $Z$  yüksekliğinde hesaplanacak rüzgâr hızı (m/s)

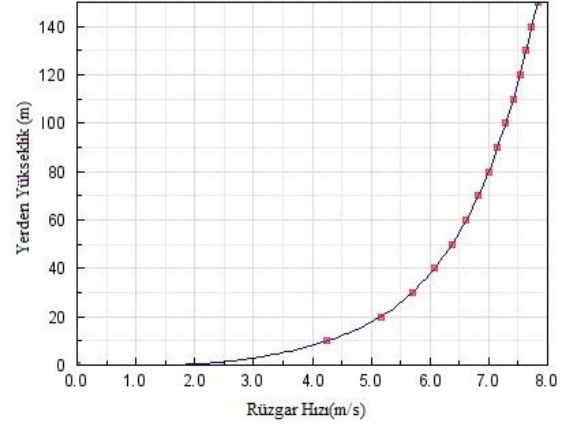
$Z$ : Yer seviyesinden olan yükseklik (m)

$V_{ref}$ :  $Z_{ref}$  yüksekliğinde bilinen rüzgâr hızı (m/s)

$Z_{ref}$ :  $V_{ref}$  hızının bulunduğu yükseklik

$Z_0$ : Yüzey pürüzlülük katsayısı

Rüzgâr hızının yükseklikle değişimini bulmak için logaritmik kural kullanıldığında:



Şekil 2: Rüzgâr hızının yüksekliğe bağlı logaritmik değişimi

Şekil 2’de  $Z_0 = 0,4$   $Z_{ref}=10$  m ve  $V_{ref}= 4,25$  m/s olarak alınmıştır [7].

Yapılan hesaplamalar sonucunda bölgenin rüzgâr hızı değerlerinin IEC III A sınıfı kabul edilen “düşük hızlı rüzgâr” olduğu görülmektedir [8].

Gebze, Kocaeli bölgesine ilişkin olarak güneş radyasyonu ve güneşlenme saat verileri çizelge 3’te verilmiştir.

Çizelge 3: Gebze yıllık güneş verileri

Ay	Küresel Radyasyon Değerleri (kWh/m <sup>2</sup> /g)	Güneşlenme Süresi (saat)
Ocak	1,43	3,30
Şubat	2,33	4,20
Mart	3,19	5,28
Nisan	4,39	6,67
Mayıs	5,60	8,64
Haziran	5,99	9,88
Temmuz	5,80	10,52
Ağustos	5,23	9,63
Eylül	4,15	7,94
Ekim	2,80	5,36
Kasım	1,69	3,95
Aralık	1,20	3,08
Ortalama	3,656	6,54

Gebze'ye kurulacak farklı fotovoltaik sistem tipleri için yıllık üretilebilecek elektrik enerji miktarları göz önüne alındığında, 100 m<sup>2</sup>'lik monokristalin ve polikristalin panel sistemlerinden sırasıyla 22 ve 20 MWh enerji üretilbileceği hesaplanmıştır. [9]

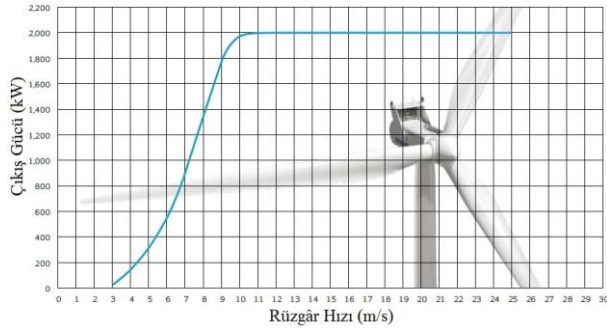
## 2. Kullanılan Enerji Sistemleri

### 2.1. Rüzgâr Türbinleri

Tesisi beslemek için 2 MW gücünde IEC IIIA rüzgâr sınıfına uygun tasarlanmış türbinler tercih edilmiştir. Çizelge 4'te bu türbine ait özellikler ve Şekil 3'te ise rüzgâr hızı çıkış gücü eğrisi verilmiştir. [10] Çizelge 4'te gösterilen 9000 MWh'lik yıllık üretim miktarı kule yüksekliğinde yıllık ortalama 7 m/s hızla esen rüzgâr için geçerlidir.

Çizelge 4: 2 MW'lık türbine ilişkin veriler

Türbin Gücü (MW)	2,0
Kule Yüksekliği (m)	125
Kanat Çapı (m)	110
Rüzgâr Sınıfı	IEC IIIA
Yıllık üretilen enerji (MWh)	9000
Maliyet(€)	Yatırım 1800000
	Bak. İşl. (yıllık) 50000



Şekil 3: Rüzgâr hızı-çıkış gücü eğrisi

### 2.2. Fotovoltaik Sistemler

Fotovoltaik güç sisteminde kullanılacak olan paneller polikristalin olarak seçilmiştir. Bu panele ait özellikler çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5: Panele ait özellikler

Özellik	Değer
Güç	250 W
Ömür	25 yıl
Yaşlanma Faktörü	%90
Verim	%17,1
Çalışma Sıcaklığı	45°C
Güç Sıcaklık Katsayısı	-0,5%/°C
Birim Kurulum Maliyeti	1,1 €/W
B&İ Masrafı	4800 €/yıl

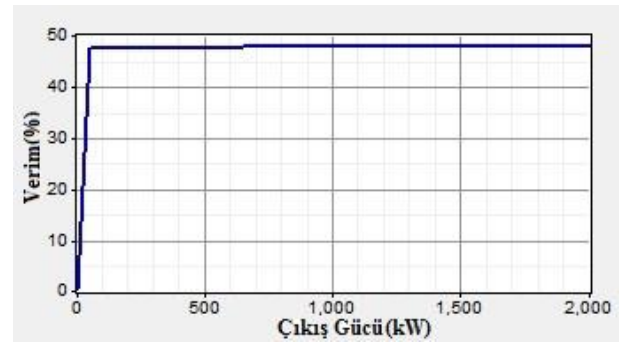
### 2.3. Hidrojen Yakıt Hücreli Güç Sistemi

Hibrit yenilenebilir enerji sistemi tasarımında kaynaklardan üretilen ihtiyaç fazlası elektriği depolayıp yenilenebilir kaynakların yükü karşılayamadığı anlarda sisteme güç sağlanması amacıyla hidrojen yakıt hücresi güç sistemleri tercih edilmiştir.

Çizelge 6'da sistem maliyetleri, Şekil 4'te ise yakıt hücresine ait çıkış gücü-verim eğrisi verilmiştir. [11]

Çizelge 6: Hidrojen sistem maliyetleri

Alt Sistem	Kurulum	Yenileme	Bak. İşletme
Elektrolizör	3128\$/kW	1564 \$/kW	156,4\$/kW
Yakıt Hücreli H <sub>2</sub> Tankı	4000\$/kW	-	0,1\$/saat
	700\$/kW	60,94\$/kW	2,8\$/kW



Şekil 4: Yakıt hücresi çıkış gücü-verim eğrisi

### 2.4. Dizel Generatör

Şebekeden bağımsız sistem tasarımında puant gücü karşılamak amacıyla 4000 kW gücünde bir dizel generatör kullanılmıştır. Dizel generatöre ilişkin birim fiyatlar 300000\$ kurulum, 300000\$ yenileme ve bakım-işletme masrafı 1,2 \$/saat; yakıt masrafı ise 2,1\$/L olarak alınmıştır. Generatörün çalışma ömrü ise 15000 saat olarak belirlenmiştir.

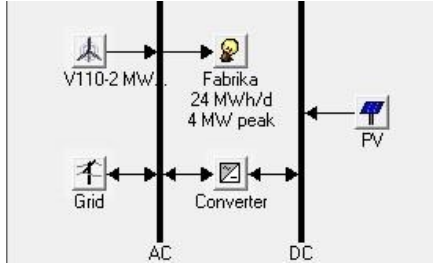
### 2.5. Çevirici

Programda çevirici sistemi doğrultucu ve evirici yapılarını bünyesinde bulunduran bir sistem olarak verilmiştir. Kurulum, yenileme ve bakım-işletim olmak üzere sırasıyla 1000 \$/kW, 1000\$/kW ve 100\$/kW/yıl olarak alınmıştır. [12]

## 3. Hibrit Enerji Sistemi Modelleri ve Benzetim Sonuçları

### 3.1. Şebekeye Bağlı Sistem Modeli

Şebekeye bağlı hibrit sistem tasarlanırken, modelde rüzgâr türbinleri ve fotovoltaik güç sistemi tesisin talep yükünü karşılaması için kullanılmıştır. Üretilen fazla enerjiyi hidrojen sisteminde depolamak yerine şebekeye doğrudan satmak daha uygun bir çözüm olarak düşünülmüştür. Şekil 5'te benzetimi gerçekleştirilen sistem modeli verilmiştir.



Şekil 5: Şebekeye bağlı sistem modeli

Programda şebekeden satın alınan birim elektriğin fiyatı 0,108 \$/kWh ve şebekeye satış fiyatı 0,073\$/kWh; projenin ömrü 25 yıl ve yıllık faiz oranı %6 olarak belirlenmiştir. Yapılan analizlerden sonra ortaya çıkan en uygun sistemlerin özellikleri Çizelge 7 ve Çizelge 8’de verilmiştir.

Çizelge 7: Şebekeye bağlı sistem kurulu güç verileri

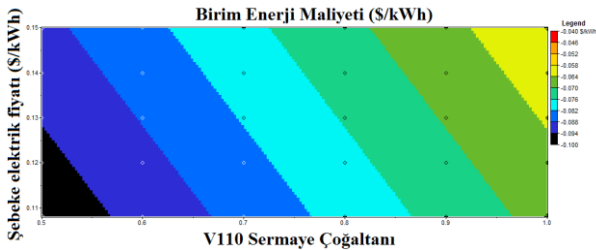
Rüzgâr Kurulu Güç	Şebeke Kurulu Güç	Yenilenebilir Oranı	Kapasite Yetersizlik Oranı
6 MW	4 MW	0,94	0,00

Çizelge 8: Şebekeye bağlı sistem maliyet verileri

Kurulum (ICC, \$)	İşletme (OC, \$)	Toplam (Total NPC,\$)	Birim Enerji Maliyeti (COE\$/kWh)
7.461.720	-1.124.630	-6.914.826	-0,062

Yukarıdaki çizelgelerde sistemin maliyeti açısından yalnızca rüzgâr enerjisi kullanmanın daha avantajlı olduğu görülmektedir. Ortaya çıkan hibrit model, şebekeye enerji satışı sayesinde 25 yıllık süre sonunda başlangıç kurulum maliyetini amorti edip tesise 6.914.826\$ ek gelir sağlamıştır.

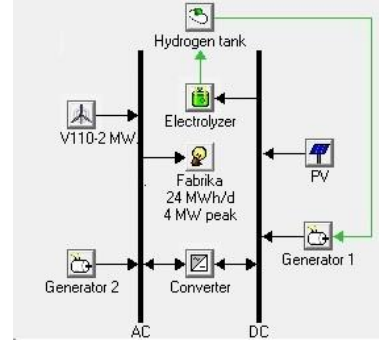
Ayrıca gelecekte rüzgâr türbinlerinin birim fiyatındaki olası azalma ve petrol fiyatlarıyla orantılı artan şebeke elektrik fiyatına bağlı olarak ortaya çıkan birim enerji maliyeti(COE) Şekil 6’da incelenmiştir. Bu analiz sonucunda ileride rüzgâr türbinlerinin kurulum maliyetindeki olası %30’luk bir azalmaya bağlı olarak birim enerji maliyetinin %32 oranında düştüğü tespit edilmiştir.



Şekil 6: Türbin maliyeti ve şebeke elektrik fiyatına bağlı birim enerji maliyeti

### 3.2. Şebekeden Bağımsız Sistem Modeli 1

Şebekeden bağımsız tasarlanan birinci model dizel generatör kullanılmıştır. Bu modelde puant gücü karşılamak için dizel generatör ve ihtiyaç fazlası üretilen elektriği depolamak için ise hidrojen yakıt hücresi güç sistemi tercih edilmiştir. Şebekeden bağımsız benzetimlerde proje ömrü 25 yıl ve yıllık faiz oranı %6 olarak belirlenmiştir. Şekil 7’de ki modele ait teknik ve ekonomik sonuçlar sırasıyla Çizelge 9 ve Çizelge 10’da verilmiştir.



Şekil 6: Şebekeden bağımsız sistem modeli 1

Çizelge 9: Şebekeden bağımsız model 1’e ait kurulu güç verileri

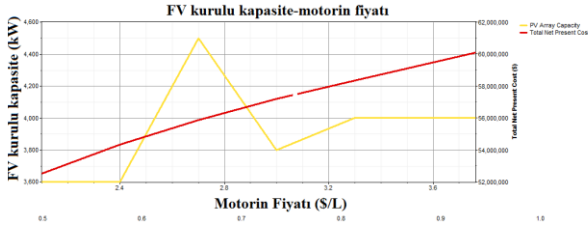
Alt Sistem	Kurulu Güç
Rüzgâr	8 MW
Fotovoltaik	3,6 MW
Y. Hücresi	1,25 MW
Dizel Gen.	4 MW
Çevirici	4 MW
Elektrolizör	0,5 MW
H <sub>2</sub> Tankı	1750 kg
Yenilenebilir Oranı	0,98

Çizelge 10: Şebekeden bağımsız model 1’e ait maliyet verileri

Kurulum (ICC,\$)	İşletme (OC,\$)	Toplam (Total NPC,\$)	Birim Enerji Maliyeti (COE,\$/kWh)
27.509.888	1.956.088	52.515.256	0,469

Yukarıdaki sonuçlardan yola çıkılarak, şebekeden bağımsız tasarlanan sistemde, şebekeye bağlı sisteme kıyasla daha yüksek üretim kapasitesine sahip yenilenebilir enerji sistemi kurulması gerektiği görülmektedir. Bu duruma bağlı olarak önceki sisteme kıyasla şebekeden bağımsız sistemin toplam kurulum maliyeti (ICC) değeri %268 ve toplam maliyet (Total NPC) değeri % 859 daha yüksektir.

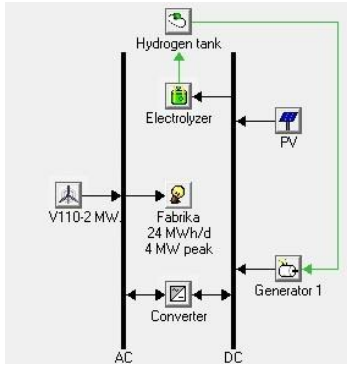
Ayrıca petrol fiyatlarının her geçen yıl artacağına ilişkin bulunan senaryolar da göz önüne alınmalıdır. [13] Bu senaryolar dikkate alındığında Şekil 7’de verilen analiz sonuçlarından dizel generatör bulunan şebekeye bağlı modelin toplam maliyet değerinin dizel yakıt fiyatlarına bağlı olarak gittikçe arttığı görülmektedir.



Şekil 7: Dizel yakıt fiyatlarının artışının toplam maliyete etkisi

### 3.3. Şebekeden Bağımsız Sistem Modeli 2

Şebekeden bağımsız tasarlanan diğer modelde, puant gücü karşılamak için dizel generatör kullanmak yerine doğrudan hidrojen yakıt hücresi güç sistemini kullanılmıştır. Bu sebeple, hidrojen güç sisteminin kurulu güç kapasitesi daha yüksek olacak şekilde modellenmiştir. Şekil 8’de bu sisteme ait model görülmektedir.



Şekil 8: Şebekeden bağımsız sistem modeli 2

Bu sisteme ilişkin analiz sonuçları aşağıda bulunan Çizelge 11 ve Çizelge 12’de görülmektedir.

Çizelge 11: Şebekeden bağımsız model 2’ye ait kurulu güç değerleri

Alt Sistem	Kurulu güç
Rüzgâr	8 MW
Fotovoltaik	4,7 MW
Y. Hücresi	2,5 MW
Çevirici	4 MW
Elektrolizör	1,25 MW
H <sub>2</sub> Tankı	5250 kg
Yenilenebilir Oranı	1

Çizelge 12: Şebekeden bağımsız model 2’ye ait maliyet verileri

Kurulum (ICC,\$)	İşletme (OC,\$)	Toplam (Total NPC,\$)	Birim Enerji Maliyeti (COE,\$/kWh)
38.677.864	1.198.773	54.002.208	0,486

Çizelge 11’de görülen değerlerden, puant gücü karşılamak için dizel generatör kullanmak yerine hidrojen

sisteminin kapasitesini artırmak elektrolizör, hidrojen tankı ve yakıt hücresi kurulu büyüklüklerinde sırasıyla %150, %200, %150’lik artışlara sebep olmuştur. Ayrıca fotovoltaik kurulu gücünde de %30,5’lik bir artış gerçekleşmiştir.

Çizelge 12’deki değerler temel alındığında ikinci sistem kurulum maliyetinin şebekeden bağımsız ilk sistem modeline kıyasla %40,6 daha yüksek olduğu görülmektedir. Ancak toplam maliyet açısından bakıldığında ise ikinci sistem modeline ait değer yalnızca %2,3 daha yüksektir. Kurulum maliyetinde olan farkın toplam maliyette oldukça azalmasının en önemli sebebi ise ilk sistemde dizel generatöre ait 2,1\$/L’lik yakıt masrafı varken ikinci sistemde herhangi bir yakıt masrafının olmamasıdır.

Bu analizlere ek olarak yakıt hücresi fiyatlarının ileriki yıllarda gerçekleşmesi beklenen olası azalmalarına bağlı olarak birim enerji ve toplam maliyetlerinin nasıl değiştiği de incelenmiştir. Bu analiz yapılırken US DOE’nin 2025 yılı hedef kurulum fiyatı olan 1000€/kW seviyesi referans alınmıştır. [14] Şekil 9’de bu analize ilişkin sonuçlar görülmektedir.



Şekil 9: Yakıt hücresi fiyatlarındaki azalmaya bağlı olarak birim enerji ve toplam maliyetlerin değişimi

Şekil 9’da ortaya çıkan sonuçlara bakılırsa, yakıt hücresi fiyatlarının beklendiği gibi azalması durumunda birim enerji maliyetinin %12,3 ve toplam maliyetin %6,7 azaldığı görülmektedir.

## 4. Sonuçlar

Bu çalışmada, 24 MWh/gün enerji tüketimi ve 4 MW puant güce sahip bir tesise güç sağlamak amacıyla hibrit bir yenilenebilir enerji sistemi tasarlanması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda şebekeye bağlı ve şebekeden bağımsız olacak şekilde iki temel yapıya ilişkin ortaya çıkan modeller incelenmiştir.

- Şebekeye bağlı sistem modeli için rüzgâr türbinlerinin kurulum maliyetindeki olası %30’luk bir azalmaya bağlı olarak birim enerji maliyetinin %32 oranında düştüğü tespit edilmiştir.
- Toplam maliyet açısından bakıldığında, şebekeye bağlı sistem modeli, dizel generatör kullanılan şebekeden bağımsız modele kıyasla %859 daha az maliyetlidir.
- Şebekeden bağımsız model 2’nin model 1’e kıyasla elektrolizör, hidrojen tankı ve yakıt hücresi kurulu

güç değerlerinde sırasıyla %150, %200, % 150 daha büyük kurulu güce sahip olduğu görülmüştür.

- Şebekeden bağımsız model 2'nin kurulum maliyeti bakımından model 1'den %40,6 daha yüksek olduğu görülmektedir. Ancak toplam maliyet açısından bakıldığında ise model 2'ye ait değer yalnızca %2,3 daha yüksektir. Başlangıçta iki sistem arasındaki maliyet farkının 25 yıl sonunda kapanmasının temel sebebi ikinci sistemde dizel yakıt masrafının bulunmamasıdır.
- Şekil 9'da ortaya çıkan sonuçlara bakılırsa, yakıt hücresi fiyatlarının beklendiği gibi azalması durumunda toplam maliyetin %6,7 azaldığı görülmektedir.

Yenilenebilir kaynak seçimi olarak daha önceki çalışmalarda da öngörüldüğü gibi büyük kurulu güce ihtiyaç duyan bu sistemde rüzgâr türbinleri öne çıkmıştır. Ayrıca yapılan analizler sonucunda şebekeye bağlı sistemlerin şebekeden bağımsız olan sistemlere kıyasla maliyet açısından çok daha etkili çözümler olduğu görülmektedir.

## 5. Kaynaklar

- [1] <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2013.pdf>
- [2] Shaahid, S. M. Elhadidy, M. A., "Technical and economic assessment of grid independent hybrid photovoltaicedieselebattery power systems for commercial loads in desert environments.", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 11., pp. 1794-1810, 2007.
- [3] Elhadidy, M. Shaahid, S., "Parametric Study of Hybrid(wind+solar+diesel) power generating Systems", *Renewable Energy*, Vol. 21(2), pp. 129-139, October 2000.
- [4] Dalton, G. J. Lockington, D. A. Baldock, T.E., "Feasibility analysis of stand-alone renewable energy supply options for a large hotel.", *Renewable Energy*, Vol. 33., pp.1475-1490, July 2008.
- [5] Beccali, M. Brunone, S. Cellura, M. Franzitta V., "Energy economic and environmental analysis on RET-hydrogen systems in residential buildings.", *Renewable Energy*, Vol. 33., pp. 366-382, March 2008
- [6] <http://www.windguru.cz/int/index.php?sc=122808>
- [7] <http://wind-data.ch/tools/profile.php?h=50&v=4.25&z0=0.2&abfrage=Refresh>
- [8] <http://nozebra.ipapercms.dk/Vestas/Communication/Productbrochure/2MWbrochure/2MWProductBrochure/>
- [9] <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/pages/41.aspx>
- [10] <http://nozebra.ipapercms.dk/Vestas/Communication/Productbrochure/2MWbrochure/2MWProductBrochure/>
- [11] Turkay, B. & Telli A. Y., "Economic Analysis Of Stand Alone And Grid Connected Hybrid Energy Systems.", *Renewable Energy*, Vol. 36(7), pp. 1931-43, July 2011.
- [12] Turkay, B. & Telli A. Y., "Economic Analysis Of Stand Alone And Grid Connected Hybrid Energy Systems.", *Renewable Energy*, Vol. 36(7), pp. 1931-43, July 2011.
- [13] [http://www.eia.gov/forecasts/aeo/er/early\\_prices.cf](http://www.eia.gov/forecasts/aeo/er/early_prices.cf)

[14] Staffella, I. & Green, R. J., "Estimating future prices for stationary fuel cells with empirically derived experience curves", *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 34., pp. 5617 – 5628, 2009.

[15] HOMER Legacy (v2.68 beta).[Online].Available: <http://www.homerenergy.com/>