

Hibrid yenilenebilir enerji sistemlerinin endüstriyel tavukçuluk sektörü için ekonomik açıdan değerlendirilmesi: Bir uygulama

E. AKYÜZ¹, M. BAYRAKTAR², Z. OKTAY^{2*}

¹Balikesir Üniversitesi, Meslek Yüksek Okulu, Elektronik Haberleşme Böl. Çağış kampüsü, Balıkesir.

²Balikesir Üniversitesi Müh.-Mim. Fak. Makina Müh. Böl., Çağış kampüsü, Balıkesir.

Özet

Bu çalışmada, elektrik şebekesinden bağımsız, tipik ticari bir tavuk çiftliğinin enerji ihtiyacını karşılamak için hibrid bir sistemin tekno-ekonomik uygulanabilirliği ve çevresel performansını değerlendirmek için Balıkesir iline ait güneş radyasyonu ve rüzgar hızı verileri kullanılmıştır. Sistem enerji maliyeti, dizel jeneratörün işletme saatleri, karşılanamayan yükler, aşırı elektrik üretimi, yakıt tasarrufu açısından incelenmiştir. Tavuk çiftliğinin enerji ihtiyacı bulunarak, yük talebini karşılamak için farklı sistemler tasarlanmıştır. Elektrik yenilenebilir sistemler için hibrid optimizasyon (HOMER) yazılımında dört farklı durum için sırasıyla sadece dizel, fotovoltaik-dizel-akü, rüzgar-dizel-akü, fotovoltaik-rüzgar-dizel akü sistemleri değerlendirilmiştir. Sadece dizel sistemi kullanıldığında, yıllık 26467 kWh elektrik üretimine karşılık olarak emisyon miktarı 35,8 ton CO₂, 668 kg PM, 790 kg NO_x olarak bulunmuştur. Fotovoltaik-rüzgar-dizel akü sistemleri sistemlerinin kullanılması durumunda emisyonlar sırası ile 7,4 ton CO₂, 138 kg PM ve 163 kg NO_x'e düşürülmektedir. Ayrıca, şebekeden bağımsız optimum mesafeye karar vermek için, hibrid enerji sistem ekonomikliğinin, elektrik iletim hattına bağlı olarak başa baş nokta analizi yapılmıştır. Sonuçlar göstermektedir ki; fotovoltaik -rüzgar-dizel-akü 4,02 km, rüzgar-dizel akü sistemi ise 4,033 km'den sonra daha ekonomiktir. Bu mesafelerden sonra bir hibrid sistemin kurulması, elektrik şebekesine bağlanmaktan daha çekici olmaktadır.

Anahtar kelimeler: Hibrid sistem, yenilenebilir enerji, enerji maliyeti, endüstriyel tavukçuluk

A feasibility study on hybrid renewable energy systems for the industrial broiler sector : An application

Abstract

In this study, the solar radiation and the wind speed data on the city of Balıkesir are used to assess the techno-economic viability and environmental performance of a hybrid system to meet the load requirements of a typical commercial-remote poultry farm house. Several aspects of the system are studied through the Cost of Energy, the operational hours of diesel generator, unmet load, excess electricity generation, fuel savings, etc. Poultry house energy need is estimated and different systems were designed to satisfy the load demand. The Hybrid Optimization Model for Electric Renewable (HOMER) software is used for simulating four cases, respectively: Diesel only, Photovoltaic-Diesel-Bat, Wind-Diesel-Bat and Photovoltaic-Wind-Diesel-Battery. It is found that a diesel-only system produces 26467 kWh of electrical energy and 35.8 tonnes of CO₂, 668 kg of PM, 790 kg of NO_x emissions per year. Utilization of a PV-wind-diesel-battery system helps reduce the emissions for CO₂ to 7.4 tonnes, for PM to 138 kg and for NO_x to 163 kg, respectively. Break-even analysis is also done to decide the optimum distance where the hybrid energy system is more economical than the extension of the transmission line. The results show that for both PV-Wind- Diesel and Wind-Diesel-Bats they are more economical at the distances more than 4.02 km and 4.033 km, respectively. After these distances, the installation of a hybrid energy system is more attractive than that of an electricity network.

Keywords: Hybrid system, renewable energy, energy cost, industrial broiler

* Zuhul OKTAY, zoktay@balikesir.edu.tr, zuhal.oktay@gmail.com, Tel: (266) 612 11 94-5107.

1. Giriş

Son yıllarda fosil kaynaklı yakıtların çevreye verdiği zararlar nedeniyle yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasına olan ilgi artmıştır. Küresel ısınma ve iklim değişikliği ile mücadele açısından hibrid yenilenebilir enerji sistemlerinin kullanımı büyük önem arz etmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının tek başına kullanımı, kesikli olmaları nedeniyle bazı süreksizlikler mevcut olmaktadır. Örneğin, yenilenebilir enerji kaynağı olarak güneş ve rüzgar, gün içerisinde ve yıl içerisinde değişkendir. Bu enerji kaynaklarının tek başına kullanılması ile oluşan sistemin güvenilirliği düşük olmaktadır. Son yıllarda yaygınlaşan, birbirini tamamlayıcı özellik gösteren iki veya daha fazla yenilenebilir enerji kaynağını birlikte kullanan sistemler hibrid enerji sistemleridir ve sistem güvenilirliğini arttırmaktadır [1]. Özellikle yaz-kış enerji gereksiniminin olduğu ve kesintiye yer verilmemesi gereken sistemler için uygundur. Hibrid uygulamalarda güneş, rüzgar ve dizel jeneratör enerji kaynaklarının ikili veya üçlü olarak kullanımı mümkündür. Hangi enerji kaynaklarının kullanılacağı özellikle bölgenin meteorolojik koşullarına göre belirlenir. .

Literatürde bu alanda yapılan ilk çalışma, Nisan 2005'de Delaware tavuk çiftliğinde güneşten elektrik üretimi ve fizibilite çalışmasıdır [2]. Araştırmada fizibilite çalışması yapılmış, simülasyon modeli yaklaşımı ile alternatif senaryolar ve maliyet koşulları değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmaya göre ABD'de belirli bölgelerde ve belirli politikalar altında güneş enerjisinin, tavuk üreticileri için daha ekonomik olduğunu göstermektedir. Çalışma sonuçları; 1,5 kW'lık bir güneş panelinin Delaware'deki tavuk çiftliği için ekonomik olduğunu göstermektedir. 1,5 kW'lık bir fotovoltaik sistem eklendiğinde çevresel etki incelenmiş, ömrü boyunca 112 ton CO₂, 1,8 ton sülfürdioksit (SO₂) ve 0,4 ton azot oksit (NO_x) azaltıldığı görülmüştür. Ayrıca Ernest ve arkadaşları [3] beş farklı bölgede etlik tavuk üretimini analiz etmişlerdir. Bu bölgeler ABD'nin toplam üretiminin % 46'lık kısmını oluşturmaktadır. Yapılan çalışmada, güneş enerji entegrasyonunun ekonomik fizibilitesini araştırmanın ötesinde Tennessee'de farklı güneş rejimine sahip birkaç bölgede alternatif enerji seçeneklerini ve diğer faktörleri de incelemişlerdir.

Fotovoltaik-rüzgar-dizel jeneratör hibrid yenilenebilir enerji kaynaklarının bir arada kullanımı yakıt maliyetini önemli derecede azaltmaktadır. Ayrıca, sistem güvenilirliği bakımından olumlu bir etkiye sahiptir. Geçmişte, yüksek yatırım miktarı tüketici için önemli bir engel olmuştur. Son 30 yıl içinde fotovoltaik fiyatları ABD'de 3,5 W başına 25\$ düşmüştür [3]. Fotovoltaik enerji üretiminin sistem entegrasyonu ile geri ödeme zamanları değerlendirme üzerine birtakım araştırmalar [4-6] da yapılmıştır. Wichertb ve arkadaşları [7] ise teknik ve ekonomik karakteristikler ve gelecekte beklenen gelişimleri üzerine bir değerlendirme yapmıştır.

Tarımsal üretim açısından enerji ihtiyacı oldukça önemlidir. Son yıllarda çiftliklerde biyoyakıt, güneş ve rüzgar esaslı elektrik üretimi yaygınlaşmaktadır. Fakat yine de toplam enerji gereksiniminin altındadır. Enerji, tavuk üretiminde oldukça önemli bir rol oynamaktadır [8]. Türkiye'de etlik tavuk üretimi, gıda sektöründeki en önemli alanlardan biridir. Kanatlı sektörü; 259 adet damızlık ve kuluçkahane, 8899 adet ticari etlik tavukçuluk, 1304 adet ticari yumurta üreticisi olmak üzere toplam 10 462 işletme, 10 522 kümeden elde edilen üretim ile Türkiye'de ulusal GSMH'ya % 1,7 oranında katkı sağlamaktadır. Bugün bu sektörde 15 749 kümes bulunmakta ve etlik tavuk üretiminin çoğunluğu entegre tesislerde yapılmaktadır. 2007 yılında toplam et üretimi

1 099 920 tondur [9]. FAO verisine göre Türkiye, dünya etlik piliç üretiminde 19. sırada yer almaktadır.

Balıkesir ilinde hayvansal üretim potansiyeli oldukça yüksek olup, 75 000 000 civarında kümes hayvanı 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, hayvansal ürünler üretim değeri sıralamasında Türkiye'de birinci sırada ve toplam tarımsal üretim değeri sıralamasında üçüncü sırada yer almaktadır [10].

Tavuk çiftlikleri kurulurken şebekeye yakın olarak planlanmakta bu durum ise arazi açısından ilk yatırım maliyetini arttırmaktadır. Şebekeden uzak alanlarda ise arsa fiyatlarının daha düşük olması nedeni ile tercih edilmekte, fakat belirli mesafeden sonra elektrik hattı döşemesi yatırım maliyetini yükseltmektedir. Böyle durumlarda ise, genellikle, dizel jeneratör kullanılarak yatırım maliyeti düşürülmeye çalışılırken diğer yandan işletme maliyetleri artmaktadır. Bu çalışmada, Balıkesir ilinde tavuk çiftlikleri için farklı yenilenebilir hibrid enerji seçeneklerinin teknik ve ekonomik açıdan değerlendirmesi yapılarak hangi durumlarda ve mesafelerden sonra kullanımının daha uygun olacağı ve en iyi verime sahip olacak sistem belirlenmeye çalışılmıştır.

2. Sistem tanıtımı

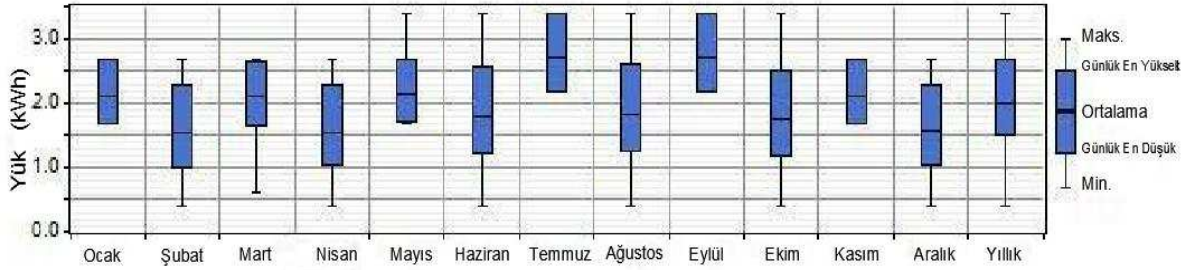
Çiftlikteki sıcaklık ve nem kontrolü otomatik olarak yapılmaktadır. Tavuk yetiştirilmesi sırasında iç sıcaklıklar ise sabit kalmamaktadır. Tavuğun günlük gelişme yapısına bağlı olarak iç ortam sıcaklıklarının değişmesi gerekmektedir. Sıcaklık ilk günlerde yüksek değerlerde iken gün geçtikçe azalmaktadır. İlk gün 32 °C olan ortam sıcaklığı canlı büyüyene kadar 21 °C'ye düşmektedir. Sıcaklıkların belirli değerlerde tutulması tavukların sağlıklı bir şekilde yetişmesi için büyük oranda önem arz etmektedir. Çalışmada ele alınan tavuk çiftliği 720 m² alana kurulu ve 10 000 adet tavuk kapasitesine sahiptir. Yılda 5 dönem yetiştiricilik yapılmaktadır. Bir dönem 42 gün sürmekte ve bir sonraki dönem için 18 gün temizlik ve hazırlık yapılmaktadır.

İncelenen tavuk çiftliğinde enerji; ısıtma sisteminde sirkülasyon pompaları, havalandırma, aydınlatma ve yem pompalarında kullanılmaktadır. Kış aylarında elektrik yükünün % 30,3'ü havalandırma, % 37,3 aydınlatma, % 8,9 bakıcı evi, % 7,5 yem pompası ve % 3,3'u ise su pompasına harcanmaktadır. Yaz aylarında ise % 42,7'si havalandırma, %29,6 aydınlatma, % 7 bakıcı evi, % 5,9 yem pompası ve % 2,6'sı su pompasına harcanmaktadır. Çiftlikte mevcut olan elektrikli cihazlar Tablo 1'de verilmiştir. Çiftliğin elektrik ihtiyacı kullanılan cihazlar, kullanım süreleri ve elektrik faturaları incelenerek yük profili belirlenmiştir. İncelenen tavuk çiftliğinde kullanılan elektrikli cihazlar aşağıdaki tabloda görülmektedir.

Tablo 1. Çiftlikte kullanılan elektrikli cihazların elektriksel büyüklükleri

<i>Cihaz</i>	<i>Voltaaj (V)</i>	<i>Güç (W)</i>	<i>Adet</i>	<i>Toplam Güç(W)</i>
50" Fan	380	1118	4	4472
36" Fan	380	372	2	744
Lambalar	220	50	20	1000
Su Pompası	380	745	1	745
Yem Pompası	380	745	4	2980
Toplam Güç :				9941

Kullanılan cihazlar ve bunların güçleri baz alınarak excell programı üzerinde yapılan hesaplamalara göre günlük yaklaşık 47,8 kWh ortalama enerji ve maksimum 3,4 kW güç kullanıldığı belirlenmiştir. Daha sonra yük profili saatlik olarak belirlenerek HOMER yazılımına veri olarak girilerek, aylık yük ihtiyacı hesaplanmış ve grafik üzerinde Şekil 1 ile verilmiştir.



Şekil 1. İncelenen tavuk çiftliğinin aylara göre yük profilinin değişimi

Çiftlikte kullanılan enerji miktarında yaz ve kış ayları arasında önemli bir fark bulunmaktadır. Yüksek soğutma ve havalandırma ihtiyaçları nedeniyle yaz aylarında yük talebi daha yüksektir.. İncelenen çiftlikte kullanılan yıllık elektrik enerjisi miktarı 17 447 kWh olarak hesaplanmıştır.

3. Analiz ve yöntem

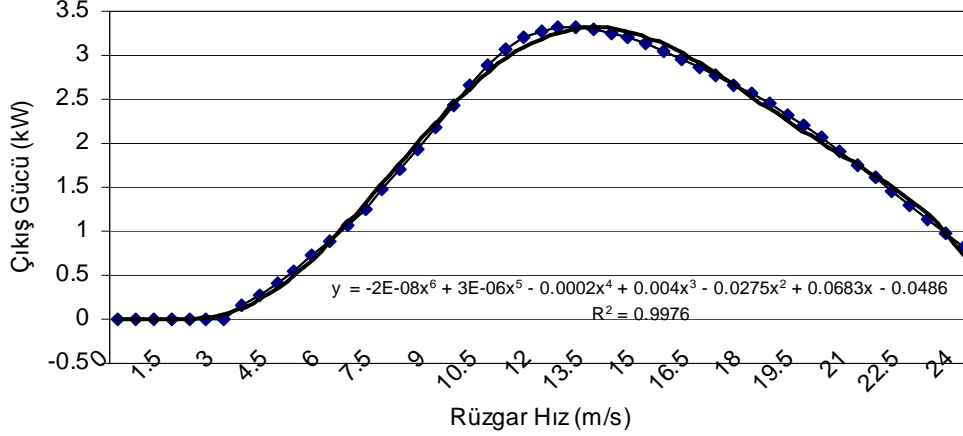
3.1. Parametreler

Hesaplamalarda 2003 yılına ait saatlik güneş radyasyonu ve ortalama saatlik rüzgar hızı verileri Balıkesir Havalimanında mevcut meteorolojik istasyondan alınmıştır. Bu veriler halen üniversitede yapılan ölçümler ile de karşılaştırılmıştır. Aylık ortalama radyasyon ve rüzgar hızı değerleri Tablo 2' de verilmiştir. Temmuz ve Aralık ayı arasındaki radyasyon değerleri m² başına 1,8 ile 7,49 kWh arasında değişmektedir. Yıllık ortalama radyasyon seviyesi, m² başına 4,48 kWh olarak bulunmuştur. Aylık 20 m'deki ortalama rüzgar hızı ise 1,84 ile 6,43 m/s arasında değişmektedir.

HOMER ile yapılan hesaplamalarda türbinin yüksekliğindeki rüzgarın belirlenmesi için aşağıda verilen formülden yararlanılmaktadır. Referans rüzgar hız değeri Denklem (1) ile istenilen yükseklikteki hız değerine dönüştürülebilmektedir [17].

$$V_x = V_{ref} \cdot \left(\frac{h_x}{h_{ref}} \right)^k \quad (1)$$

Formülde k ; yüzey pürüzlülük katsayısı, h_x ve h_{ref} sırasıyla; rüzgar hızının hesaplanacağı ve referans alınan yükseklik (m), V_x ; istenilen yükseklikte hesaplanacak rüzgar hızı ve V_{ref} ise ölçümün yapıldığı yükseklikteki m/s olarak rüzgar hızıdır. Seçilen rüzgar türbin tipi SW Whisper 500 olup, 3 kW'lıktır. Bu türbine ait rüzgar çıkış güç eğrisi belirlenmiş ve Şekil 2 ile verilmiştir. Çıkış gücüne karşılık gelen 6.dereceden polinom belirlenerek çıkış gücü hesaplanmıştır.



Şekil 2. 3 kW'lık rüzgar türbinine ait güç çıkış eğrisi (SW Whisper 500)

Fotovoltaik güç hesaplaması için aşağıda verilen Denklem (2) hesaplamalarda kullanılmıştır:

$$P_{PV} = f_{PV} \cdot Y_{PV} \left(\frac{I_T}{I_s} \right) \quad (2)$$

Burada, P_{PV} ; güneş panelinin nominal güç değerini (kW), I_T ; toplam güneş ışınım değerini (kW/m^2), ve $I_s = 1 \text{ kW}/\text{m}^2$ olarak alınmıştır [18].

Dizel jeneratörün yakıt tüketimi ampirik bir formülle aşağıdaki verilen Denklem (3) kullanılarak hesaplanmıştır [18].

$$F = F_0 \cdot Y_{gen} + F_1 \cdot P_{gen} \quad (3)$$

Burada, F_0 ve F_1 ; denklem katsayıları olup, Y_{gen} ; jeneratörün nominal çıkış gücü (kW), P_{gen} ; anlık elektrik çıkış gücünü (kW) göstermektedir.

Tablo 2. Balıkesir ili aylık ortalama rüzgar hızı ve radyasyon değerleri

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Radyasyon (kWh/m^2)	2,07	2,82	3,98	5,29	6,37	7,32	7,49	6,75	5,54	3,56	2,28	1,8
Rüzgar hızı (m/s)	3,49	3,61	4,91	3,09	3,56	3,77	4,23	5,57	6,43	4,63	1,84	3,17

3.2. Simülasyon (HOMER Yazılımı)

HOMER [11], Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı (NREL: National Renewable Energy Laboratory) tarafından geliştirilen, yenilenebilir hibrid enerji sistemleri için boyut optimizasyonu için kullanılan bir yazılımdır. Küçük güçlerde farklı yenilenebilir hibrid enerji sistemleri için en iyi verime sahip sistemin belirlenmesi için kullanılır. Bu tip sistemler şebekenin olmadığı uzak kırsal alanlar için avantajlı olduğu bilinmektedir. Fotovoltaik, rüzgar türbini ve dizel jeneratörlerin teknik verileri ve ekonomik değerleri ile AC-DC çeviriciler ve aküler Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Simülasyonda kullanılan elemanların teknik ve maliyet değerleri

Üniteler	Değerler ve Birimleri	Üniteler	Değerler ve Birimleri
FOTOVOLTAİK	Kyocera 40 Wp	DİZEL JENERATÖR	
Açık devre gerilimi	17,6 V	Yerine koyma	800 \$
Sermaye	7 000 \$	İşletim ve Bakım	0,2 \$
Ömür	25 yıl	Sermaye	800 \$
İşletim ve Bakım	0	AKÜ	Vision
Coğrafi Konum	39°30’N	Sermaye	800 \$
Yerine koyma	6000 \$	Model	6FM200D
RÜZGAR TÜRBİNİ	SW Whisper 500	Nominal voltaj	12 V
Rotor Çapı	4,5 m	Nominal kapasite	200 Ah
Kule Yüksekliği	25 m	Verim	% 80
Sermaye	12 000 \$	Şarj durumu	% 70
Nominal çıkış gücü	3 kW DC	Yerine koyma	600 \$
Yerine koyma	10000 \$	İNVERTÖR	
İşletim&Bakım	50 \$/yıl	Nominal çıkış	5 kW
Ömür	25 yıl	Sermaye	1 000 \$
Rotor	3 Kanatlı (Yatay)	Ömür ve verim	15 yıl- % 85

Simülasyonda 4 farklı enerji sistemi incelenmiştir. Sırasıyla sadece dizel jeneratör, fotovoltaik-dizel jeneratör-akü, rüzgar türbini-dizel jeneratör-akü, fotovoltaik-rüzgar türbini-dizel jeneratör sistemleri HOMER yazılımında analiz edilmiş ve tekno-ekonomik uygulanabilirliği bakımından değerlendirilmiştir. Bu yazılımın güvenilirliğini test etmek amacı ile yazılımda kullanılan veriler MS Excel programında yapılan program ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma neticesinde yapılan ihmallere bağlı olarak %3’lük bir fark olduğu bulunmuştur.

3.3. Ekonomiklik ve başa baş noktası analizi

Yaşam döngüsü analizi farklı özelliklere sahip sistemlerin nihai dağıtım maliyetlerini karşılaştırmak için kullanılmaktadır. Dahası yalnızca ilk yatırım maliyetlerini ve işletme maliyetlerini karşılaştırmanın ötesinde proje ömrü dikkate alınarak birim enerji maliyeti hesaplanır. Ekonomik yatırımlar, faiz ve maliyet artış (enflasyon) oranlarından etkilenmektedirler. Bu nedenle, üretilen elektrik maliyetinin doğru hesaplanması, sistemin yapımı ve çalışma ömrü boyunca yapılan tüm masrafların referans bir tarihe göre toplamlarının, sistemin ömrü boyunca üreteceği elektrik enerjisine bölünmesi ile yapılır. Bu yöntemle bir değere indirgenmiş maliyetler yöntemi (levelized costs method) adı verilir [12]. Bu metoda göre enerji üretim maliyeti aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır. Bugünkü değerlere indirgenen maliyetler; enerji maliyeti (LEC), yıllık yük miktarı (AL) ve toplam bugünkü değerler (TPV) ile birlikte aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$TPV = \text{İlk Yatırım} + \sum \text{İşletim ve Bakım} + \sum \text{Yerine Koyma} + \sum \text{Yakıt Tüketimi} \quad (4)$$

Düzeltilmiş Enerji Maliyeti (LEC) sermaye geri kazanım faktörü (CRF) ve yıllık yük (AL) ile birlikte aşağıda verilmiştir [13]:

$$LEC = \frac{TPV * CRF}{AL} \quad (5)$$

$$CRF = \frac{(1 + R)^N * R}{(1 + R)^N - 1} \quad (6)$$

Burada, R = % 10 yıllık iskonto oranı ve N=25 yıllık ekonomik değer tahminidir.

Başbaşı noktası mesafe analizi hibrid yenilenebilir enerji sistemlerinin elektrik şebeke hattına olan uzaklıkları için yapılır. Bu çalışmada 4 ayrı sistemin şebeke hattına uzaklığı dikkate alınarak maliyeti en iyi durumda olduğu mesafe kıyaslanmıştır. Analiz elektrik şebekesine tesisin kurulması planlanan yere olan uzaklığı göz önünde bulundurulmuş yapılmıştır. Elektrik mühendisleri odasından alınan 2009 yılı birim değerlerle 2 km uzaklığı bulunan şebeke hattına bağlantı için harcanması gereken miktar 50 kW trafo tesisinin kurulumu dahil olduğu durumda 54500 \$ olarak hesaplanmıştır. Programa veri olarak girilen değer sonucunda bu tip bir tesisin şebekeye kaç km uzakta kurulması durumunda şebekeye bağlantı durumunda tüketilecek elektrik enerji harcamalarından avantajlı olacağı bulunmuştur.

4. Analiz sonuçları

Dört farklı simülasyonu içeren yenilenebilir enerjili hibrid sistemlerin ekonomik ve emisyon analiz sonuçları yapılarak Tablo 4'te verilmiştir. Çiftliğin şebekeden bağımsız çalışacağı düşünülmüştür. Yapılan analizlerde yükün enerjisiz kalmaması için 10 kW'lık bir dizel jeneratör, yenilenebilir enerji sistemine destek olması için seçilmiştir. Sistemin enerjisiz kalmaması için en optimum boyutlandırma yapılmaya çalışılmıştır.

Tablo 4'den görüleceği üzere en yüksek enerji birim maliyeti; sadece dizel jeneratör sistemi kullanıldığında en düşük enerji birim maliyeti ise Fotovoltaik-Rüzgar-Dizel-Akü sistemi kullanıldığında elde edilmektedir. Yakıt tüketimi ve bunlara bağlı olarak oluşan CO₂, PM ve NO_x emisyonu açısından sistemler karşılaştırıldığında büyükten küçüğe doğru: Sadece Dizel, Fotovoltaik-Dizel-Akü, Rüzgar-Dizel-Akü, Fotovoltaik-Rüzgar-Dizel-Akü sistemleri şekilde sıralanabilir. Yıllık enerji üretimi olarak değerlendirildiğinde en fazla elektrik enerjisi üretimi Rüzgar-Dizel-Akü sisteminden elde edilebileceği bulunmuştur.

Tablo 4. Her bir sistem için simülasyon sonuçları

Parametreler	Fotovoltaik-Rüzgar-Dizel-Akü	Rüzgar-Dizel - Akü	Fotovoltaik-Dizel-Akü	Sadece Dizel
Sistem Güç Boyutlandırılması	Fotovoltaik:5 kWp Rüzgar:6 kW Jeneratör:10 kW	Rüzgar:12 kW Jeneratör:10 kW	Fotovoltaik: 7 kW Jeneratör:10 kW	Jeneratör: 10kW
Enerji Birim Maliyeti (\$/kWh)	1,088	1,159	1,378	2,283
Yakıt Tüketimi (L/yıl)	2 817	3 761	4 263	13 624
CO ₂ Emisyonu (ton/yıl)	7,418	9,905	11,225	35,876
PM Emisyonu (kg/yıl)	138	184	209	668
NO _x Emisyonu (kg/yıl)	163	218	247	790
Sistem Yüğü (kWh/yıl)	17 447	17 447	17 447	17 447
Toplam Enerji (kWh)	32 857	46 753	23 078	26 467
Fotovoltaik (kWh/yıl)	6 813 (% 21)	0	10 901 (% 47)	0
Rüzgar (kWh/yıl)	17 999 (% 55)	35 998 (% 77)	0	0
Jeneratör (kWh/yıl)	8 045 (% 24)	10 754 (% 23)	12 177 (% 53)	26 467
Fazla Elektrik (kWh/yıl)	10884 (% 33,1)	24248 (% 52)	426 (% 1,9)	9020 (% 34,1)
Otonomi (saat)	18,8	21,7	17,4	0
Tesisin enerji hattına uzaklığı (km)	4,02	4,33	5,29	9,26

Otonom çalışma süresi; sistemin yenilenebilir enerji kaynaklarından beslenmediği süreçte yükün aküden karşılanma süresini belirtmektedir. Belirtilen süreçte sistem akülerden beslenecek ve ayrıca kısa süreli kesintilerde jeneratörün devreye girmesi önlenecektir. En yüksek otonomi Fotovoltaik-Rüzgar-Dizel-Akü sisteminden elde edildiği görülmektedir.

Baş baş analizinden elde edilen sonuçlar göstermiştir ki; incelenen dört alternatif sistem içinde ekonomikliğe bağlı olarak en kısa mesafe Fotovoltaik- rüzgar-jeneratör-akü grubuna aittir (Tablo 4). Belirtilen sistemin tavuk çifliğine uygulanması, elektrik şebekesine 4,02 km'lik bir uzaklıktan sonra avantajlı hale gelmektedir. Tesisin kurulması planlanan yer, eğer şebekeden 4,02 km'den daha uzaklıkta ise, elektrik şebekesine bağlantısı için harcanacak bağlantı ücreti ve sonrasında oluşacak enerji maliyetleri dikkate alındığında sistem daha karlı hale geçecektir.

4.1. Dizel yakıtın enerji maliyetindeki etkisi

Türkiye'de dizel yakıt fiyatı Mayıs 2009 verilerine göre 1,58 \$ [16] (1 \$=1,57 TL [15]) olarak alınarak hesaplamalarda kullanılmıştır. Tablo 5'de dizel yakıt fiyatı esas alınarak ekonomiklik parametrelerin karşılaştırılması verilmiştir. Ekonomiklik hesaplamalarında yıllık enflasyon oranı % 7,8 ve proje ömrü olarak 25 yıl olarak alınmıştır. Tablo 5' deki değerlere göre birim enerji maliyeti sadece Dizel kullanan sistem için 2,283 \$, Fotovoltaik-Dizel-Akü grubu için 1,378 \$, Rüzgar-Dizel -Akü grubu için 1,159 \$, Fotovoltaik-Rüzgar-Dizel-Akü grubu için 1,088 \$ olarak bulunmuştur. Fotovoltaik - Dizel-Akü sistemin birim enerji maliyeti, Rüzgar-Dizel -Akü sisteminden daha yüksek

olarak bulunmasına rağmen, bu iki sistem birleştirildiğinde daha düşük birim enerji maliyetine ulaşılabileceği görülmüştür. Fotovoltaik-rüzgar-dizel-akü sisteminin ekonomik açıdan öne çıkmasının en önemli sebebi; 24 saatlik süreçte enerji ihtiyacı profiline uyum göstererek jeneratörün devreye girme ve kullanım süresini azaltmasından kaynaklanmaktadır. Bu sayede maliyetlerin düşmesine pozitif bir etki sağlanabilmektedir. Elde edilen sonuçlar neticesinde dizel yakıt maliyetinin birim enerji maliyeti üzerindeki etkisinin yüksek oldukça yüksek olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 5. Dizel fiyatına göre ekonomik parametrelerin karşılaştırılması (1,58 \$/L)

Parametreler	Fotovoltaik-Rüzgar-Dizel-Akü	Rüzgar-Dizel-Akü	Fotovoltaik - Dizel-Akü	Sadece Dizel
Sermaye (\$)	80 800	61 000	88 200	8 000
Yerine koyma (\$)	62 357	73 970	76 099	48 660
İşlem ve Bakım (\$)	16 947	22 930	24 809	142 697
Yakıt (\$)	48 332	64 538	73 138	23 3762
Toplam (\$)	206 193	219 547	261 131	432 628
Sistem yükü (kWh)	17 447	17 447	17 477	17 477
Enerji maliyeti (\$/kWh)	1,088	1,159	1,378	2,283

5. Sonuç ve öneriler

Bu çalışmada dört farklı alternatif sistem ele alındı. Sistemlerde kullanılan elemanlar; fotovoltaik, rüzgar türbini, invertör, akü ve dizel jeneratör için teknik ve maliyet değerleri belirlendikten sonra aşağıda belirtilen konular:

- Yıllık elektrik enerji üretimi ve birim enerji maliyeti
- Fazladan üretilen elektrik enerjisi miktarları ve otonom saatleri,
- Dizel yakıt tüketimleri ve emisyonları

incelenerek ayrıntılı analiz ve karşılaştırmalar yapıldı. Ek olarak, hibrid sistemlerin elektrik şebeke hattına olan mesafelerine göre, hangi sistemin daha ekonomik olduğuna karar verildi. Bundan başka, dizel yakıtın enerji maliyeti üzerine etkisi incelendi. Elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde kısaca sıralanmıştır:

- Yapılan simülasyon ile yatırım maliyeti, enerji maliyeti, çevresel etkiler, yakıt tüketimleri ve üretilen enerji miktarları belirlenebilmektedir. Güneş ve rüzgar enerjisinden elde edilen enerji, 24 saatlik süreçte yükün enerji talebini tamamen karşılamada yeterli olamamaktadır. Bu nedenle rüzgar ve güneşten üretilen enerji depolanarak gece boyunca kullanılabilir. Dizel jeneratör sistemi ile fotovoltaik-rüzgar türbini kullanımı depolama gereksinimini azaltmaktadır.
- Hibrid yenilenebilir enerji sistemlerinin tavuk çiftliklerine uygulanması sera gazının azaltılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Zararlı emisyon miktarı sadece dizel jeneratör kullanımından kaynaklandığı kabul edilerek hesaplanmıştır. Sadece dizelden elektrik üretimi başlıca yakıtla bağlıdır. Bu yüzden yakıt kullanım miktarı ve çevreye olan negatif etkileri yüksektir. Sadece dizel sisteminden 26 467 kWh elektrik enerjisi ve 35,8 ton CO₂, 668 kg PM, 163 kg NO_x emisyonu bir yıllık dizel yakıt kullanımı sonucu oluşmaktadır. Dizel sistemine fotovoltaik panelleri ve rüzgar

türbini ilave edildiğinde sera gazı emisyonlarından CO₂; 7,4 ton, PM; 138 kg ve NO_x ise 138 kg değerine kadar azaltılabilecektir.

- Tablo 5'te bulunan birim enerji maliyeti sonuçları ile fotovoltaik-rüzgar-jeneratör-akü sistemi ömür maliyet analizi neticesinde 1,088 \$ ile en avantajlı sistem olmuştur. İlk yatırım maliyeti dizel jeneratöre göre oldukça fazla olmasına rağmen yakıt harcamaları nedeniyle dizel jeneratör en pahalı birim enerji maliyetini ortaya çıkarmıştır.
- Başa baş noktası mesafe analizi hibrid yenilenebilir enerji sistemlerinin elektrik şebeke hattına olan uzaklıkları için yapılmıştır. Buna göre fotovoltaik-rüzgar-dizel 4,02 km, rüzgar-dizel 4,33 km, fotovoltaik-dizel 5,29 km ve tek dizel kullanımında ise sistem 9,26 km şebeke hattına olan mesafeden sonra avantajlı konuma geçmektedir.
- Yenilenebilir enerji destekli sistemlerin kurulumuna karar vermeden önce ciddi bir fizibilite araştırması yapılması çok önemlidir. Buna göre yatırım kararı verilmelidir. Bu karar yükün karakteristiğine bağlı olduğu gibi, bölgenin rüzgar ve güneş enerji potansiyeline bağlı olarak değişmektedir.

Yenilenebilir enerji destekli sistemlerin kullanılması şebekeden uzak sistemlerin kurulumunda ekonomik açıdan yarar sağlamaktadır. İlk yatırım maliyeti arazi yeri ve durumu açısından daha avantajlı olmaktadır. Bu tür hibrid sistemler sadece tavuk çiftlikleri için değil, aynı zamanda diğer hayvan besiciliğinde, yerleşim alanlarında konutların enerji kaynağı olarak kullanılması ile sera gazlarının azaltılması ve sürdürülebilir enerji açısından ön plana çıkacağı açıktır. Bu tür sistemlere devlet desteği arttığı takdirde şebekeye yakın olan mesafelerde de kullanılması ve yaygınlaşması yakın gelecekte mümkün görünmektedir.

Çalışmada enerji kaynağı olarak fotovoltaik ve rüzgar enerjisinin hibrit şekilde kullanılması üzerine yoğunlaşmıştır. Bu çalışma gelecekte yapılacak farklı çalışmalar için de bir zemin hazırlayacaktır. Bölgenin enerji potansiyeline bağlı olarak farklı yenilenebilir enerji kombinasyonlarının uygulanması da eklenebilir. Hidrolik enerji ve biokütle gibi yenilenebilir enerjiler ile de kombinasyonlar yapılarak bölgenin potansiyeline göre daha verimli ve ekonomik çözümler bulunabilir.

Kaynaklar

- [1] Kurban, M., Hoccoğlu, F. O., Anadolu Üniversitesi İki Eylül Kampüsü'nde Rüzgar ve Güneş Potansiyelini Belirleyerek Hibrid (Rüzgar-Güneş) Enerji Santral Modeli Kurmak, **Bilimsel Araştırma Projesi**, Anadolu Ü., (2004).
- [2] Byrne, J., Glover, L., Hegedus, S., VanWicklen, G. The potential of solar electric applications for Delaware's poultry farms. Working paper. Center for Energy and Environmental Policy, University of Delaware; (2005).

- [3] Ernest, F. B., Matthew, A. Brown Feasibility of solar technology (photovoltaic) adoption: A case study on Tennessee's poultry industry, **Renewable Energy**, 34, 3, 748-754, (2009).
- [4] Alsema, E. A., Energy requirements of thin-film solar cell modules—a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 2, 387–415, (1998).
- [5] Alsema, E. A., Frankl, P., Kato, K.. Energy pay-back time of photovoltaic energy systems: present status and prospects. In: Proc. of **2nd World Conference and Exhibition on Photovoltaic Energy Conversion**; eds Schmid J, Ossenbrink HA, Helm P, Ehmann H, Dunlop ED; Office of EU Publications. 2125–2130, (1998).
- [6] Keoleian, G. A., Lewis, G. M.. Application of life-cycle energy analysis to photovoltaic module design. **Progress in Photovoltaics**, 5, 287–300, (1997).
- [7] Wichert, B., Dymond, M., Lawrance, W., Friese, T.. Development of a test facility for photovoltaic-diesel hybrid energy systems. **Renew Energy**, 22,1, 311–9, (2001).
- [8] El Bassam, N. Biological life support systems under controlled environments. In: El Bassam N et al. editors. Sustainable agriculture for food, energy and industry. London: James James Science Publishers, 2, 1214–1216, (1998).
- [9] TZOB Türkiye Kanatlı Sektör Raporu, 2008. URL: http://www.tzob.org.tr/tzob_web/rapor.htm (03.07.2009).
- [10] Balıkesir Valiliği websitesi URL: <http://www.balikesir.gov.tr/pgae-blank1.asp?id=432> . (03.07.2009).
- [11] HOMER V.2. National Renewable Energy Laboratory (NREL), 617 Cole Boulevard, Golden, CO 80401-3393. URL: <http://www.nrel.gov/homer/>.
- [12] Dağdaş, A. Energy Cost In Geothermal Power Plants. **Journal of Engineering and Natural Sciences Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi**, 2, 84-94, (2005).
- [13] Lazou, A. A., Papatsoris, A. D.. Economics of photovoltaic stand-alone residential households: A case study for various European and Mediterranean Locations. **Solar energy & Solar cells**, 62, 411-427, (2000).
- [14] Setiawan, A. A., Zhao, Y., Nayar, C. V., Design, economic analysis and environmental considerations of mini-grid hybrid power system with reverse osmosis desalination plant for remote areas. **Renewable Energy** 34, 374–383, (2009).
- [15] TCMB Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası. URL: <http://www.tcmb.gov.tr> (15.02.2010).
- [16] Shell Türkiye Akaryakıt Satış Fiyatları Arşivi (04.05.2009). URL: http://www.shell.com.tr/home/content/tur/products_services/on_the_road/fuels/fuel_pricing , (15.02.2010).
- [17] Adekoya L. O., Adewale A. A.. Wind energy potential of Nigeria, **Renewable Energy**, 2, 35-39, (1992)
- [18] Lambert T. Micropower System Modeling With Homer-Manual. National Renewable Energy Laboratory (NREL) 15, 388-405