



COMPARATIVE ANALYSIS OF UNIT COSTS FOR WIND AND HYDROELECTRIC POWER GENERATION AS A RENEWABLE ENERGY SOURCE AND TURKISH IMPLEMENTATION

Yıldırım Ercan ÇALIŞ*, Özgür ÇATIKKAŞ, DERYA DENİZ YILMAZ *****

* Marmara Üniversitesi, İşletme Fakültesi

** Marmara Üniversitesi, Bankacılık ve Sigortacılık Y.O.

*** Nişantaşı Üniversitesi, İktisadi İdari ve Sosyal Bilimler Fak.

E-mail: ecalis@marmara.edu.tr, ozgurcatikkas@marmara.edu.tr, deryadeniz.yilmaz@agaoglu.com.tr

Copyright © 2017 Yıldırım Ercan ÇALIŞ, Özgür ÇATIKKAŞ, DERYA DENİZ YILMAZ. This is an open access article distributed under the Eurasian Academy of Sciences License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT

The aim of this study is to calculate the unit cost of energy generated by wind and hydroelectric power plants to select the most appropriate technical and economical option out of these two alternative renewable energy sources, and to make a comparative analysis of them. In this context, in addition to the comparison of traditional cost items, the cost of the energy unit produced is calculated by means of value cost method.

Keywords: Wind energy, Hydroelectric energy, Renewable energy, Energy costs, Energy cost analysis, Energy unit costs

JEL Classification: M40, M41

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAĞI OLARAK RÜZGAR VE HİDROELEKTRİK ENERJİ ÜRETİMİNDE BİRİM MALİYETLERİN KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ VE TÜRKİYE UYGULAMASI

ÖZET

Bu çalışmanın amacı alternatif yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgar ile hidroelektrik enerjisi arasından teknik ve ekonomik yönden en uygun olanı seçmeye yardımcı olmak için rüzgar ile hidroelektrik enerji santrallerinde üretilen enerjinin birim maliyetini hesaplamak ve bunların birbirleri ile karşılaştırmalı analizini yapmaktır. Bu kapsamda geleneksel maliyet kalemlerinin karşılaştırılmasına ek olarak bir değere getirilmiş maliyet yöntemi ile üretilen birim enerjinin maliyeti hesaplanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Rüzgar enerjisi, Hidroelektrik enerjisi, Yenilenebilir enerji, Enerji maliyetleri, Enerji maliyet analizi, Enerji birim maliyetleri



1. GİRİŞ

Ülkelerin enerji talepleri; sanayileşme, kalkınma, teknolojinin yaygınlaşması ve nüfus artışı gibi nedenlere paralel olarak hızla artmaktadır. Özellikle sanayinin en önemli girdisi haline gelen enerjinin kesintisiz, sürekli ve güvenilir kaynaklardan ucuza temin edilmesi büyük önem taşımaktadır. Çünkü enerji ülkelerin uluslararası rekabet gücünü belirleyen en önemli faktörlerden biridir. Diğer taraftan, dünya enerji ihtiyacının yaklaşık yüzde 95'ini karşılayan fosil yakıtlar (petrol, kömür, doğalgaz vb.) günümüzün geleneksel enerji kaynakları olarak gösterilmektedir. Bu kaynakların sınırlı olması; çevreye olumsuz etkileri nedeniyle sürekli, daha güvenli, yenilenebilir, çevreyi ve canlı yaşamı olumsuz etkilemeyecek enerji kaynaklarından yararlanma zorunluluğunu doğurmaktadır. Bu zorunluluk da ülkelerin özellikle yenilenebilir enerji politikalarına verdiği önemi sürekli olarak artırmaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik ülkelerin geliştirdiği en önemli politikalar arasında yatırımcıları bu sektöre yöneltmek amacıyla sektöre özel getirilen teşvikler, fiyat uygulamaları, istisnalar vb. yer almaktadır. Sektörün gelecek için önemi ve bu geliştirilen politikalar yatırımcılar için yenilenebilir enerji kaynaklarını cazip hale getirmektedir. Bu sektörü özendirici politikaların yanı sıra yatırımcıların bu sektöre girerken göz ardı edemeyecekleri en önemli etkenlerden biri de maliyetlerdir.

Bu çalışmanın amacı yatırımcı gözüyle; birbirine alternatif yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgar ile hidroelektrik enerjisi arasından maliyet açısından en uygun olanı seçmeye yardımcı olmak için rüzgar ile hidroelektrik enerji santrallerinde üretilen enerjinin birim maliyetini hesaplamak ve bunların karşılaştırmalı analizini yapmaktır.

Bu çalışmada öncelikli olarak konuyla ilgili temel kavramlar çerçevesinde enerji ve yenilenebilir enerji kavramlarına yer verilmektedir. Sonrasında yenilenebilir enerji kaynağı olarak rüzgar enerjisi ve hidroelektrik enerji santrallerinin karşılaştırmalı maliyet analizi ele alınarak üretim merkezleri ve maliyet taşıyıcıları üzerinde durulmuştur. Son bölümde ise belirtilen kapsam, veriler ve kabul edilen varsayımlar çerçevesinde bir rüzgar enerji santrali ile bir hidroelektrik santraline ilişkin tüm yatırım ve işletme maliyetleri göz önüne alınarak bu santrallerde üretilen enerjinin birim maliyetleri hesaplanmakta, karşılaştırmalı bir analizi yapılmakta ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmektedir. Bu çalışmada üretilen enerjinin birim maliyeti hesaplanmaktadır. Piyasada genelde “birim yatırım maliyeti” tanımı kullanılmakta olup, toplam yatırım maliyetinin toplam kapasiteye bölünmesi ile bulunmaktadır. Ama bu tam olarak yatırımcıların yatırım kararı verirken öğrenmek istediği üretilen enerjinin birim maliyetinden daha sınırlı bir tanım olmaktadır. Çünkü birim yatırım maliyeti başta işletme ve varsa yakıt maliyetleri ile diğer etkenleri göz ardı etmektedir. O nedenle bu çalışma bir anlamda muhasebe ve mühendislik alanlarının sentezi olarak üretilen enerjinin



birim maliyetini bir noktadan sonra matematiksel olarak sektörde en çok kullanılan “levelized cost of energy” yöntemi ile hesaplamaktadır.

2. TEMEL KAVRAMLAR

Herhangi bir hareketi (aksiyonu) yapan ya da yapmaya hazır olan kabiliyete enerji denir. Enerji kısaca “iş yapma yeteneği” olarak da tanımlanabilir. Özellikle sanayinin en önemli girdisi olan enerji, ekonomik kalkınmanın lokomotifidir. Bu anlamla üretim faktörleriyle birleştirilerek çıktının sağlanmasında gerekli bir faktör haline gelmiştir. Günlük yaşamın her anında ihtiyaç duyulan enerjiyi, enerji kaynakları sağlamaktadır. Enerji kaynakları, herhangi bir yolla enerji üretilmesini sağlayan kaynaklardır. Enerji kaynaklarını yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları olarak ayırmak mümkündür. Aslında doğada yenilenemeyen enerji türü yoktur fakat bazı enerji kaynakları meydana gelişlerinin bir sebebi olarak yenilenmeleri çok uzun süre almaktadır. Bu nedendir ki bunlar, yenilenemez enerji kaynakları olarak adlandırılmıştır. Bu kaynakların büyük bölümü fosil yakıtlar ve nükleer enerjiden oluşmaktadır.

Yenilenebilir enerji ise; sürekli devam eden doğal süreçlerdeki var olan enerji akışından elde edilen enerjidir. 10 Mayıs 2005 tarihli ve 5346 sayılı “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun”da Yenilenebilir enerji kaynakları hidrolik, rüzgar, güneş, jeotermal, biokütle, biyogaz, dalga, akıntı enerjisi ve gel-git gibi fosil olmayan enerji kaynaklarını ve kanal ya da nehir tipi ya da rezervuar alanı on beş kilometrekarenin altında olan hidroelektrik üretim tesisi kurulmasına uygun elektrik enerjisi üretim kaynakları, ...” şeklinde sıralanmaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının avantajları ve önemi aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Yerli kaynakları geliştirerek dışa bağımlılığı azaltır,
- Yenilenemez enerji kaynaklarının etkisi düşünüldüğünde çevre dostudur,
- Üretim tesislerinin kurulum ve işletmesine bağlı olarak doğrudan ve dolaylı olarak istihdamı artırır, yeni iş alanları oluşturur,
- Öz kaynaklara yönelim sağlanacaktır.
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması ile sera etkisi, iklim değişikliği vb. Çevresel sorunların önüne geçilecektir.
- Kyoto Protokolü gibi uluslararası anlaşmalar ve protokollere uyum sağlar,



3. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAĞI OLARAK RÜZGAR ENERJİSİ VE HİDROELEKTRİK ENERJİ

Yenilenebilir Enerji kaynakları içinde rüzgar ve hidroelektrik enerji kaynakları önemli bir yer tutmakta beraber özellikle rüzgar enerji kaynakları Türkiye’de hakettiği noktaya ulaşamamıştır. Sayılar ile belirtmek gerekirse 31 Temmuz 2016 itibariyle Türkiye’de Kurulu elektrik gücü 77.037,50 MW olup, bunun %6,6’sı Rüzgar enerji santrallerine, %34,1’i ise Hidroelektrik santrallerine (barajlı ve akarsu tipi) aittir.

Rüzgar enerjisi; doğal, yenilenebilir, temiz ve sonsuz bir güç olup kaynağı güneştir. (www.eie.gov.tr). Rüzgar enerjisinin, diğer enerji üretim alanlarına göre, önemli üstünlükleri bulunmaktadır. Bu üstünlükleri şu genel başlıklar altında sıralamak mümkündür:(Yağlı 2009)

- Temiz enerji kaynağı,
- Enerji kaynağının ücretsiz oluşu, diğer bir ifade ile yakıt maliyetinin olmayışı,
- İklim değişikliği sorununun çözüm yollarından birini teşkil etmesi,
- Enerji güvenliğine katkı sağlaması ve enerji arzını çeşitlendirmesi,
- Dış kaynaklı ve değişken fiyatlı yakıt ithaline ihtiyaç göstermemesi,
- İstihdam ve bölgesel kalkınma sağlayıcı etkisi,
- Modülerlik ve üretim tesisinin çabuk kurulabilme özelliği,
- Karbon emisyonunun olmaması,
- Sınırsız kaynak özelliğine sahip bulunması,
- Arazi dostu olması (Rüzgar santrali içinde veya etrafında tarım/sanayi faaliyetleri yapılabilme özelliği),
- Uygulama esnekliği (Büyük ölçekli ticari santraller veya ev tipi uygulamalarına müsait olması),
- Geleneksel yakıtların aksine, enerji güvenliği açısından yakıt maliyetlerini ve uzun dönemli yakıt fiyatı risklerini eleyen ve ekonomik, politik ve tedarik riskleri açısından diğer ülkelere bağımlılığı ortadan kaldıran yerli ve her zaman kullanılabilir bir kaynak olmasıdır,

Hidroelektrik santraller (HES) yükseklerden akışa geçen suların potansiyel enerjisini türbin ve jeneratörler vasıtasıyla elektrik enerjisine çeviren enerji üretim tesisleridir. Hidroelektrik enerji santrallerinin avantajları ise aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Ulusal nitelikli ve diğer yenilenebilirler göre sürekli arzı sağlayan kaynak olması,
- Ekonomik ömrünün uzun olması,



- İşletme ve bakım giderlerinin düşük olması
- Çevre kirliliği yaratmaması,
- Yakıt giderlerinin olmamasına bağlı olarak, ekonomik ömürleri boyunca en ucuz enerji üretim tesisi olmaları,
- Sera gazı emisyonu yaratmamaları ve çevre ile uyumlu olmaları,
- Elektromekanik işlerin dışında kalan işlerin yurtiçi imkânlarla yapılabilmesi, istihdam ve ekonomide canlanma yaratmaları, gibi avantajları dikkate alındığında tercih ve teşvik edilmesi gereken bir enerji kaynağıdır.

4. RÜZGAR VE HİDROELEKTRİK ENERJİ SANTRALLERİNDE MALİYET ANALİZİ

4.1.Genel Açıklama

Giriş bölümünde belirtilen sebepler ve elektrik enerjisinin TL/kWh birim fiyatındaki değişimin sıfır esnekliğe (fiyattaki değişimin talepte hiç değişiklik oluşturmaması) sahip olması gibi pek çok sebepten ötürü; yatırımcılar yenilenebilir enerji sektörüne yönelmiştir. Yatırımcının kararını etkileyen en önemli faktör de maliyettir. Her ne kadar yatırımcı nezdinde dışsal maliyetler önemli bir yer tutsa da genel itibariyle enerji santrallerinin ekonomik analizlerinde üç ana maliyet unsuru dikkate alınmaktadır. Bunlar;

- Yatırım Maliyeti
- İşletme Bakım Maliyetleri
- Yakıt Maliyetidir.

Hem rüzgar hem de hidroelektrik enerji santrallerinde yakıt maliyeti olmadığından bu maliyet kalemi konu kapsamında ele alınmamaktadır. Rüzgar Enerji santralleri ile hidroelektrik enerji santralleri yatırım maliyetini oluşturan unsurlar ve toplam yatırım maliyetine etkileri aşağıdaki gibidir.

Tablo 2. Rüzgar Santrali Kurulum Maliyeti Etki Oranları

Maliyetler	Etki oranı %
Türbin fiyatı	74-80
İnşaat maliyeti	3-6
Elektrik İşleri	3-6
Şebeke bağlantısı	2-6
Arazi maliyeti	1-3
Finansman giderleri	3-7
Diğer Giderler	1-5

**Tablo 3.** Hidroelektrik Santrali Kurulum Maliyeti Etki Oranları

Maliyetler	Etki oranı %
İnşaat İşleri	60-70
Türbin	18-25
Hidromekanik Ekipman	5-7
Tüm Elektrik ve Otomasyon İşleri	3-7
Enerji Nakil Hattı	2-7
Etüd Proje Kontrollük Giderleri	2-7
Diğer	2 -5

Yukarıdaki tablolarda görüleceği üzere rüzgar enerji santrali yatırımlarında, yatırım bedelinin %74-80'ini türbin bedeli oluşturmakta iken hidroelektrik enerji santrallerinde genellikle yatırım bedelinin %60-70'ini inşaat işleri oluşturmaktadır. Ancak özellikle bazı hidroelektrik enerji santrallerinde bu rakamlarda önemli düzeyde değişiklik olabilir. İnşaat sürecinde karşılaşılan zorluklar ve belirsizlikler sebebiyle genellikle rüzgar enerji santrallerinin yatırım süreci hidroelektrik santrallerinin yatırım sürecinden çok daha kısa olmaktadır.

İşletme maliyeti; yatırım dönemi sonrası işletmeye geçen rüzgar ve hidroelektrik enerji santrallerinin bakım, onarım ve işletme masraflarını kapsamaktadır. İşletme maliyeti; türbinlerin rutin bakım giderlerini, santralin üzerinde kurulduğu arazi kiralınmışsa kira giderleri, santralin sigorta giderleri, santral personel giderleri de işletme giderleri arasında sayılmaktadır. Genelde rüzgar enerji santrali sahibi tüzel kişilikler, türbin tedarik sözleşmesi imzaladığında genelde 5-10 yılı kapsayan yıllık türbin bakım sözleşmesini de eş zamanlı olarak imzalamaktadırlar.

4.2.Rüzgar ve Hidroelektrik Enerji Santrallerinde Maliyet Merkezleri

4.2.1.Ana üretim merkezleri

Ana üretim merkezleri; mamul ve hizmet üretiminde, ürünün ortaya çıktığı ana gider yeridir. Mamul ve hizmet üretim işletmeleri açısından üretimin özelliği, biçimi ve işletmenin organizasyon yapısı göz önünde tutularak alt gider yerlerine ayrılabilir. Ana üretim merkezi, ana hizmet konusunun ifa edildiği yer olarak tanımlanır. Rüzgar enerjisinden elektrik üreten işletmelerde ana üretim merkezi rüzgar türbinleridir. Ancak burada fiziksel bir hammadde kullanımı söz konusu değildir. Çünkü rüzgar türbinleri rüzgar enerjisinden elektrik enerjisi üretmekte olan bir endüstri dalıdır. Yine aynı şekilde hidroelektrik enerjisinden elektrik üreten işletmelerde ana üretim merkezi elektromekanik ekipmanlardır.



4.2.2.Yardımcı Üretim Merkezleri

Yardımcı üretim merkezleri esas üretim yerlerinin ve diğer birimlerin faaliyetlerini sürdürmeleri için gerekli yan girdileri üreten birimleri kapsar. Yardımcı hizmet üretim merkezleri, mamul ve hizmet üretimiyle direkt ilişkisi bulunmayan üretimin aksamadan sürmesine katkıda bulunan gider yerleridir. Bakım onarım giderleri, santral personelinin ücreti, idari ekibin ücretleri, üretilen elektriğin serbest tüketicilere satılması sürecinde çalışan personelin ücreti vb.; rüzgar ve hidroelektrik enerjisinden elektrik üreten işletmelerde yardımcı üretim merkezleri ile yardımcı hizmet üretim merkezlerine örnek teşkil etmektedir.

4.2.3.Diğer Maliyet Merkezleri

Rüzgar ve hidroelektrik enerjiden elektrik üreten işletmelerde, genelde enerji santrali ile şirketin merkezi aynı yerde olmamaktadır. Şirket merkezinde çalışan mali işler bölümü, insan kaynakları bölümünün elektrik enerjisi üretimine katkısı doğrudan değil dolaylıdır. Bu nedenle bu maliyet merkezlerin de oluşan maliyetler üretilen elektrik enerjisi maliyetlerini doğrudan etkilememektedir.Elektrik enerjisi üretilsin yada üretilmesin oluşmakta olmaları nedeniyle bu maliyetlerin oluştuğu bu merkezler diğer maliyet merkezleri olarak ayrımlanmıştır.

Tablo 4.Rüzgar Enerjisinden Elektrik Üreten İşletmelerde Üretim Merkezleri

Üretim Merkezleri		
Ana Üretim Merkezleri	Yardımcı Üretim Merkezleri	Yardımcı Hizmet Üretim Merkezleri
1. NoluRüzgar Türbini	-	Türbin Bakım Onarımı
2. NoluRüzgar Türbini	-	Güvenlik
3. NoluRüzgar Türbini	-	Muhasebe
....	-	Elektrik Satışı (EPIAŞ ve Serbest Tüketicilere Satış)



Hidroelektrik enerjisinden elektrik üreten şirketlerde gider yerleri şunlardır:

Tablo 5. Hidroelektrik Enerjiden Elektrik Üreten İşletmelerde Üretim Merkezleri

Üretim Merkezleri		
Ana Üretim Merkezleri	Yardımcı Üretim Merkezleri	Yardımcı Hizmet Üretim Merkezleri
Elektromekanik Ekipmanlar	-	Türbin Bakım Onarımı
	-	Güvenlik
	-	Muhasebe
	-	Elektrik Satışı (TEİAŞ ve Serbest Tüketicilere Satış)
....	-	

4.3. Rüzgar ve Hidroelektrik Enerji Santrallerinde Maliyet Taşıyıcıları

Maliyet hesaplama sisteminde veri akış sürecinin son aşamasını maliyet taşıyıcıları oluşturur. Maliyeti hesaplanacak nihai unsurlar “üretim çıktıları” olup yapıldığı an itibarıyla mamuller, yarı mamuller ya da satılan mamul ve hizmetlerdir. (Altuğ 2001) Maliyet taşıyıcıları, maliyet giderlerinin yükleneceği nihai maliyet birimi veya maliyetleri ayrı ayrı olarak belirlenmek istenen herhangi bir eylem veya işletmenin bir bölümüdür. Elektrik enerjisi üreten bir işletme için ana maliyet taşıyıcı “elektrik enerjisi”dir.

4.4. Rüzgar ve Hidroelektrik Enerji Santrallerinde Toplam ve Birim Enerji Maliyetlerinin Hesaplanması

Elektrik enerjisi maliyeti üretim, taşıma ve dağıtım olmak üzere üç ana kısımda toplanabilir. Burada incelenmesi hedeflenen maliyet, toplam maliyetin en büyük kısmını teşkil eden üretim maliyeti yani santralin çıkış barasındaki elektrik enerjisi maliyetidir. Diğer taraftan, belirlenen bir bölgeye kurulması düşünülen alternatif santraller içinde en uygun olanının seçilmesi amacıyla yapılan ekonomik değerlendirme ve mukayesenin, sadece enerji üretim maliyetine göre yapılması yeterlidir. Çünkü belirli bir bölgeye kurulması düşünülen alternatif santraller için aynı taşıma ve dağıtım maliyeti söz konusu olduğundan, bu maliyet kısımlarının ekonomik mukayese sonuçlarına bir etkisi olmayacaktır. Ancak, göz önüne alınan alternatif santrallerin teknik özellikleri sebebiyle, farklı bölgelerde kurulması gerekebilir. Örneğin, fosil yakıtlı bir santralin kurulabileceği bir yere nükleer bir



santralin kurulması uygun olmayabilir. Bu durumda taşıma ve dağıtım maliyetleri de dikkate alınarak ekonomik değerlendirme yapılmalıdır.(Aybers ve Şahin 1995) Enerji maliyeti hesabında kullanılabilecek çeşitli metotlar vardır. Sonuçlar kullanılan metoda göre farklı olmaktadır. Bu nedenle, verilen rakamsal sonuçların hangi metotla elde edildiğinin bildirilmesi gerekir.

Elektrik enerjisi maliyeti hesabı için çeşitli yöntemler uygulanabilir. Bunlar;

- Yıllık Üretim Maliyeti Metodu
- Sistem Maliyet Analizi Metodu
- Bir Değere Getirilmiş Maliyet(Levelised Cost) Metodu

4.4.1.Bir Değere Getirilmiş Maliyet Yöntemi

Elektrik maliyetini öngörmede kullanılan başlıca metotlardan biri bir değere getirilmiş maliyettir. Elektriğin bir değere getirilmiş maliyeti; ekonomik hayatının ötesinde bir güç santralının toplam kurulma ve işletim maliyet değerinin santral tarafından üretilen watt/saat miktarda elektriğe dönüştürülmüş halidir. Başka bir deyişle, bir değere getirilmiş maliyet; santralin mevcut net gelir değerini mevcut net maliyet değerine eşitleyen fiyattır. Bu tariflerin söylemeye çalıştığı gibi, bir değere getirilmiş maliyetin hesaplanmasında olmazsa olmaz bir girdi tesisin toplam ömrünün maliyetidir. Bunlar; sermaye harcamaları, işletim ve bakım maliyetleri ve yakıt giderlerinin toplamıdır. Tesisin toplam çalışma ömrünün maliyetine bir kez ulaşıldığında, bir değere getirilmiş elektrik maliyetini belirlemek kolay bir adımdır (Simkins 2013).

Bir değere getirilmiş maliyet yöntemi(LCOE) yatırım alternatifi ile ilgili olan tüm maliyetleri dikkate alır ve analiz periyodu için de paranın zaman değerini hesaba katar. Ancak genellikle iki elektrik üretim teknolojisi gibi iki alternatif enerji kaynağı teknolojisi ya da sistemini karşılaştırmak için kullanılır.

Bir değere getirilmiş maliyet yönteminde; yıllık sabit maliyetler ve yıllık değişken (işletilen) maliyetlerin toplamı, birim enerji üretimi başına düşen (ortalama) maliyet elde etmek için kaynağın yıllık enerji üretimine bölünür. Yıllık sabitlenmiş maliyetlerin, donanımın aşınma ömrü içinde eşit oranlı (seviyelendirilmiş) biçimde dağıldığı ve ilk yatırımdan beklenen faiz ya da öz sermaye dönüşünü içerdiği kabul edilir. Benzin maliyetleri ve diğer operasyonel maliyetler gibi değişken maliyetlerin de aynı şekilde yıllar içinde paranın zaman değerine göre seviyelendirildiği kabul edilir.

En basit tanımı ile bir değere getirilmiş maliyet yöntemine göre enerji maliyeti; rüzgar enerji santralının bir değere getirilmiş yıllık maliyetinin yıllık enerji üretimine bölünmesi ile elde edilir (Manwell ve diğerleri 2003).



5. UYGULAMA

5.1.Uygulamanın Amacı ve Kapsamı

Uygulamada Türkiye’de aynı bölgede kurulması planlanan birbirine alternatif iki yenilenebilir enerji kaynağı olan bir rüzgar enerji santrali ile bir hidroelektrik enerji santrali projesinde üretilen enerjinin birim maliyetlerinin hesaplanarak karşılaştırmalı analizi yapılmıştır. Her iki santral projesinde de üretilen enerjinin birim maliyeti, daha önceki bölümlerde anlatılan bir değere getirilmiş maliyet yöntemi (levelized cost of energy) ile hesaplanmıştır. Hidroelektrik enerji santralleri baraj tipi ve nehir tipi olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Uygulamada hidroelektrik santrali projesi nehir tipi hidroelektrik santralidir. Burada odaklanılan analiz, hidroelektrik enerji maliyet tahmininin; devlet sahipli olsun olmasın elektrik üretim tesisinin; bireysel yatırımcı, bireysel enerji üreticisi veya yenilenebilir enerjiye yatırım yapmak isteyen kişi veya gruplar açısından yapılmasıdır. Analiz, hükümet teşviklerini veya sübvansiyonlarını dışarıda bırakmaktadır. Bunun dışında; analizde, karbon fiyatlaması veya yenilenebilir kaynakların diğer dışsallıklarda (ör:hava kirliliğinin azaltılması, çevre kirliliği) yaratacağı azalmaların faydaları hesaba katılmamıştır. Kullanılan bilginin doğrudan karşılaştırılabilir olması ve aynı sistemsel kısıtlara tabi bulunmasını sağlamak noktasında her türlü çaba gösterilmiştir.

5.2.Uygulamaya Ait Veriler, Varsayımlar Ve Bulgular

Karşılaştırmaya konu olan RES ve HES ile ilgili veriler aşağıdaki gibi olup, uygulamaya konu olan rüzgar enerji santrali projesi bundan böyle XRES, nehir tipi hidroelektrik santrali projesi ise YHES olarak anılacaktır. Sektörde birim maliyetler dolar cent üzerinden hesaplandığından uygulamada da tüm para birimleri dolar veya dolar cent olarak verilmiştir.

	XRES	YHES
İlk Yatırım Bedeli(\$)	29.586.975	27.336.000
Kapasite(Kurulu Güç) (MW)	21	21
Net Kapasite Faktörü (%)	30	30
Santral Ömrü (Yıl)	25	50
Faiz Oranı(%)	7	7
Eskalasyon Oranı (%)	6	6
İşletme ve Bakım Giderlerinin Başlangıç Maliyetine Oranı(%)	3	2
İnşaat Süresi(Yıl)	1 Yıl	2 Yıl
Yatırımın İnşaat Süresine Dağılımı	1. Yıl 100%	1. Yıl %40-2. Yıl %60



Her iki santral projesi için maliyet kalemleri ile ilgili olarak firmalardan teklif alınmış teknik hesaplamalar yapılmıştır. İlk yatırım maliyet kalemlerindeki tutarlar gerçek rakamları yansıtmaktadır. Birim enerji maliyetleri bir değere getirilmiş maliyet (levelized cost of energy) yöntemi kapsamında sabit yıllık sermaye masrafına göre hesaplanmıştır.

Uygulamada kabul edilen diğer varsayımlar aşağıda belirtilmiştir.

- Her iki santral projesinin de aynı kapasite faktörüne ve aynı kurulu güce sahip olduğu varsayılmıştır.
- Her iki santralin de Türkiye’de aynı bölgede kurulması planlandığından her iki projenin de enerji nakit hattı maliyeti aynı olacaktır. Her iki santralin de TEİAŞ ile bağlantı anlaşması imzalayacağı varsayılmıştır. (Mevcut mevzuat gereğince bağlanacakları trafoya göre enerji nakil hattının kamulaştırmasını TEİAŞ adına yatırımcı yapmaktadır. Santraller işletmeye geçtikten sonra bu kamulaştırma bedelleri yatırımcının her ay TEİAŞ’a ödemesi gereken sistem kullanım faturalarından mahsup edilmektedir. Ancak çalışmamızda olası bir mevzuat değişikliğine karşın böyle bir mahsuplaşma olmayacağı öngörülerek ve ilk başta ciddi bir tutarda nakit çıkışı gerektirdiğinden maliyet kalemlerine enerji nakil hattı maliyeti de eklenmiştir.)
- Her iki santralde de ilk yatırım bedelinin %100 yabancı kaynak ile finanse edildiği ve
- Her iki santralin de üzerinde kurulacağı arazinin, orman arazisi olacağı varsayılmıştır. Orman arazilerinin kira bedeli her iki santralde de “Diğer” başlığı altında gösterilmiştir.
-

5.2.1. Seçilen Örnek Rüzgar Enerji Santraline Ait Veri Ve Bulgular

X RES Projesinin ilk yatırım maliyetinin alt kırılımları aşağıdaki gibidir.

XRES PROJESİ	
Maliyet Kalemi	BEDEL (\$)
Türbin	25.940.500,00
İnşaat İşleri (Türbin Temelleri Santral Binası ve Yollar)	1.087.400,00
Elektrik İşleri- İç Şebeke- Kablolar	997.075,00
Enerji Nakil Hattı	762.000,00
Proje Geliştirme -Mühendislik-Etüd vs	500.000,00
Diğer	300.000,00
Toplam	29.586.975,00



Sektörde genelde birim tesis bedelleri üzerinden konuşulduğu için öncelikle birim tesis bedelini bulacağız.

Birim Tesis Bedeli = Toplam Tesis Bedeli / Kapasite (Kurul Güç)

Birim Tesis Bedeli = 29.586.975 \$ / 21 MW = 1.408.903,56 \$ /MW

Birim Tesis Bedeli = 1.408,90 \$ /kW

XRES projesini inşaatı bir yıl içinde biteceğinden inşaat dönemine ilişkin eskalasyon yükü ve faiz yükü hesaplanmayacaktır.

Sabit yıllık sermaye masrafı metoduna göre toplam yıllık ödeme (C_k) aşağıdaki şekilde bulunur. Bu projede I_k(toplam yatırımın üretime başlama tarihindeki değeri), I_d'ye(direkt inşaat bedeline) eşittir

$$C_k = I_k \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$

Bu denklemde;

I_k = 29.586.975 \$

i = %7

n = 25 Yıl'dır.

C_k = 29.586.975 x [%7x (1+%7)²⁵] / [(1+%7)²⁵-1] = 2.538.873, 63 \$

Bulunan bu değeri yıllık üretilen enerji (E) miktarına bölünerek birim yatırım maliyeti elde edilir. Bunun için öncelikle yıllık üretilen enerji miktarı (E) aşağıdaki formül ile bulunur.

$$E = 365 \times 24 \times N_e \times L_f$$

Bu denklemde;

N_e = 21 MW

L_f = %30'dur.

E = 365 x 24 x 21 x %30 = 55.188 MWh

Uygulamanın sonunda kWh başına birim enerji maliyeti bulunacağından MW birimi kW'a çevrilir. 1 MW = 1000 kW olduğundan;

E = 55.188 x 1.000 = 55.188.000 kWh'dır.

Birim yatırım maliyeti aşağıdaki denklem ile bulunur.

$$g_k = \frac{C_k}{E}$$

g_k = 2.538.873, 63 \$ / 55.188.000 kWh



$$g_k = 0,046 \text{ \$ / kWh}$$

$$g_k = 4,6004 \text{ \$cent / kWh}$$

Birim yatırım maliyeti bulunduktan sonra işletme ve bakım maliyeti aşağıdaki denklem ile bulunur.

$$g_m = \frac{C_m}{E}$$

$$C_m = I_d \times \text{İşletme ve Bakım Giderlerinin Direkt İnşaat Bedeline Oranı}$$

$$C_m = 29.586.975 \$ \times \% 3$$

$$C_m = 887.609,25 \$$$

$$g_m = 887.609,25 \$ / 55.188.000 \text{ kWh}$$

$$g_m = 0,01608 \$ / kWh = 1,6083 \text{ \$cent / kWh}$$

kWh başına birim enerji maliyeti ise yukarıda bulunan g_k ve g_m tutarlarının toplamına eşit olacaktır.

$$g = 4,6004 \text{ \$cent / kWh} + 1,6083 \text{ \$cent / kWh}$$

$$g = 6,2087 \text{ \$cent / kWh}$$

5.2.2. Seçilen Örnek Hidroelektrik Enerji Santraline Ait Veri Ve Bulgular

YHES Projesinin ilk yatırım maliyeti aşağıdaki kalemlerden oluşmaktadır.

YHES PROJESİ	
Maliyet Kalemi	BEDEL (\$)
İnşaat İşleri	16.722.000,00
Türbin	5.752.000,00
Hidromekanik Ekipman	1.721.000,00
Tüm Elektrik ve Otomasyon İşleri	1.143.000,00
Enerji Nakil Hattı	762.000,00
Etüd Proje Kontrollük Giderleri	736.000,00
Diğer	500.000,00
Toplam	27.336.000,00

Bu yatırım maliyeti dikkate alındığında birim tesis bedeli aşağıdaki denklem ile bulunur.



Birim Tesis Bedeli = Toplam Tesis Bedeli / Kapasite (Kurul Güç)

Birim Tesis Bedeli = 27.336.000,00 \$ / 21 MW

Birim Tesis Bedeli = 1.301.714,29 \$ / MW = 1.301,71 \$ / kW

YHES projesinin inşaat süresi, yukarıda veriler bölümünde de belirtildiği üzere 2 yıl içinde tamamlanacaktır. İlk yıl inşaatın %40'ı ikinci yıl ise %60'ı tamamlanacaktır. Bu veriler ışığında inşaat süresince eskalasyon yükü ve faiz yükü hesaplanır.

İnşaat süresince eskalasyon yükü (3.9)'da belirtilen denklem ile bulunur.

$$Ye(t) = Y(t) (1+e)^t$$

İlk Yıl için $Y(t) = 10.394.400 \times (1+0,06)^1$

İkinci Yıl için $Y(t) = 16.401.600 \times (1+0,06)^2$

Yıl	Eskalasyon Periyodu(t)	Eskalasyonsuz Harcama Planı (\$)	Eskale Edilmiş Harcama Planı(\$)	Eskalasyon Yükü
İlk Yıl	1	10.934.400,00	11.590.464,00	656.064,00
İkinci Yıl	2	16.401.600,00	18.428.837,76	2.027.237,76
TOPLAM		27.336.000,00	30.019.301,76	2.683.301,76

İnşaat süresi boyunca yapılan yıllık $Ye(t)$ harcama miktarlarının kredi olarak alındığı bilinmektedir. İnşaat periyodunun sonunda $Ye(t)$ miktarlarına ilave olarak bir faiz yükünün de geri ödemesi gerekmektedir. İnşaat süresi içinde herhangi bir t yılının sonunda kredi olarak kullanılan $Ye(t)$ miktar için inşaatın bitiminde geri ödenmesi gereken borç faiz yükü de dahil olmak üzere aşağıdaki formül ile bulunur.

$$T(t) = Ye(t) \cdot [(1+i)^{L-t}]$$

İlk Yıl için $T(t) = 11.590.464,00 \times (1+0,06)^2$

İkinci Yıl için $T(t) = 18.428.837,76 \times (1+0,06)^1$

Yıl	Faiz Periyodu	Eskale Edilmiş Harcama+ Faiz Yükü(\$)	Faiz Yükü(\$)
İlk Yıl	2	13.023.045,35	1.432.581,35
İkinci Yıl	1	19.534.568,03	1.105.730,27
TOPLAM		32.557.613,38	2.538.311,62

Sabit yıllık sermaye masrafı metoduna göre toplam yıllık ödeme (C_k);

$$C_k = I_k \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$



$$C_k = 32.557.613,38 \times \left[\frac{\%7(1+\%7)^{50}}{(1+\%7)^{50}-1} \right]$$

$$C_k = 2.359.119,77 \$,$$

Yıllık üretilen enerji miktarı ise;

$$E = 365 \times 24 \times N_e \times L_f$$

$$E = 365 \times 24 \times 21 \times \%30$$

$$E = 55.188 \text{ MWh} = 55.188.000 \text{ kWh' dir.}$$

Birim elektrik enerjisi üretim maliyeti içinde sermaye maliyetinin payı; sabit yıllık sermaye maliyetinin yıllık elektrik enerjisi üretimine bölümü ile bulunur

$$g_k = C_k / E$$

$$g_k = 2.359.119,77 \$ / 55.188.000 \text{ kWh}$$

$$g_k = 0,042747 \$ / \text{kWh}$$

$$g_k = 4,2747 \text{ $cent/ kWh}$$

Uygulamaya konu olan YHES projesinin yıllık işletme ve bakım maliyetinin başlangıç maliyetine oranı %2 olup, işleme ve bakım maliyetinin bedeli aşağıda hesaplanmıştır.

$$C_m = I_d \times \text{Başlangıç Maliyetine oranı}$$

$$C_m = 27.336.000,00 \times \%2$$

$$C_m = 546.720 \$$$

Birim işletme ve bakım maliyeti ise bu bedelin yıllık enerji üretimine bölümü ile bulunur.

$$g_m = C_m / E$$

$$g_m = 546.720 \$ / 55.188.000 \text{ kWh}$$

$$g_m = 0,0099 \$ / \text{kWh} = 0,9907 \text{ $cent/ kWh}$$

Rüzgar enerji santrallerinde olduğu gibi hidroelektrik enerji santrallerinde de yakıt masrafı bulunmadığından birim elektrik enerjisi üretim maliyeti yukarıda bulunan g_k ve g_m tutarlarının toplamına eşit olacaktır.

$$g = 4,2747 \text{ $cent/ kWh} + 0,9907 \text{ $cent/kWh}$$

$$g = 5,2654 \text{ $cent/ kWh}$$

5.3. Kilovatsaat Başına Birim Maliyet Karşılaştırması

Yukarıda bahsedilen veriler ve varsayımlar çerçevesinde bir değere getirilmiş maliyet yöntemine göre XRES'de kWh başına birim maliyet 6,2087 \$cent, YHES'de ise kWh başına birim maliyet 5,2654 \$cent olarak hesaplanmıştır. Görüldüğü üzere XRES projesinde üretilecek enerjinin birim maliyeti,

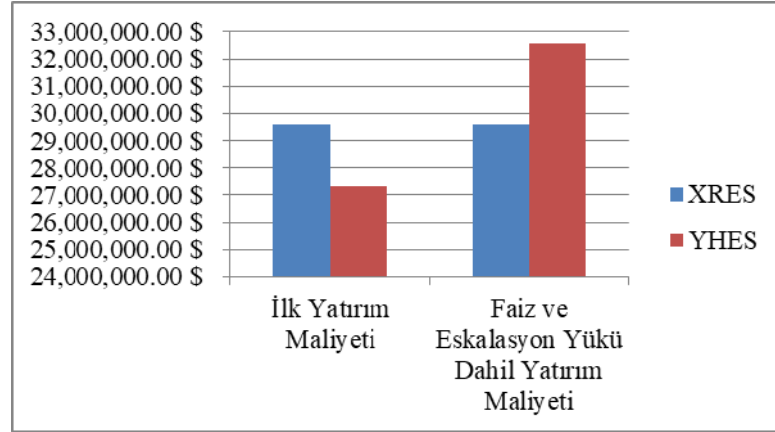


YHES projesinde üretilecek birim enerjinin maliyetinden 0,9433 \$cent daha yüksektir. Her iki projedede yıllık enerji üretimi 55.188.000 kWh olarak hesaplandığına göre yıllık toplam fark 520.588 \$ olmaktadır. Birim enerji maliyetlerine ulaşılmasında kullanılan tüm veri ve hesaplama sonuçları özet olarak aşağıdaki tabloda sunulmaktadır.

	XRES	YHES
İlk Yatırım Maliyeti	29.586.975,00 \$	27.336.000,00 \$
Faiz ve Eskalasyon Yükü Dahil Yatırım Maliyeti	29.586.975,00 \$	32.557.613,38 \$
Sabit Yıllık Sermaye Maliyeti	2.538.873,63\$	2.359.119,77 \$
Yıllık İşletme ve Bakım Maliyeti	887.609,25 \$	546.720,00 \$
Yıllık Enerji Üretimi	55.188.000,00 kWh	55.188.000,00 kWh
Birim Yatırım Maliyeti	4,6004 \$cent/kWh	4,2747 \$cent/kWh
Birim İşletme ve bakım maliyeti	1,6083 \$cent/kWh	0,9907\$cent/kWh
Birim Enerji Maliyeti	6,2087 \$cent/kWh	5,2654 \$cent/kWh

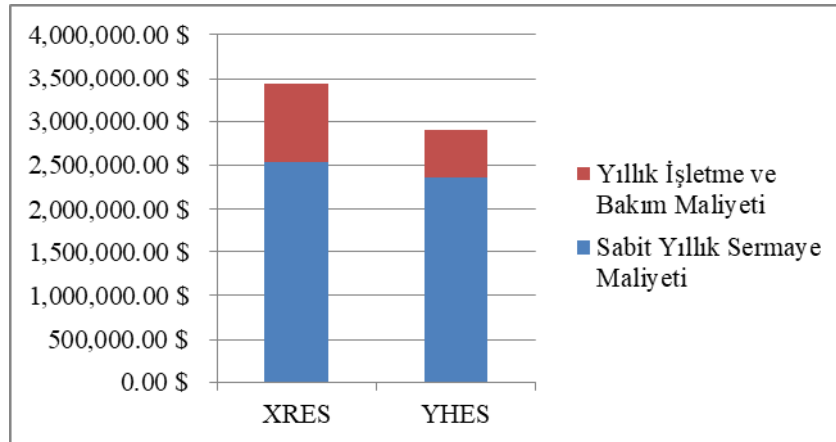
Bu özet tablodan sonra, birim enerji maliyetinin hesaplamalarında kullanılan tüm veri ve hesaplama sonuçlarını tek tek değerlendirmek sonucu daha doğru yorumlamamıza yardımcı olacaktır.

XRES ve YHES projelerine ait veriler incelendiğinde XRES'in ilk yatırım maliyetinin YHES'e nazaran daha yüksek olduğu görülmektedir. Ancak YHES'in yapımı çok daha uzun zaman alacağından faiz yükü ve eskalasyon yükü dikkate alındığında; YHES'in işletmeye geçtiği tarihteki maliyeti XRES'ten daha yüksek olmaktadır. Ancak buna rağmen YHES'in birim enerji maliyetinin daha düşük olduğu görülmektedir. Bunun sebebi YHES'in proje ömrünün 50 yıl, XRES'in proje ömrünün ise 25 yıl olmasıdır. Teknolojik gelişmeler de göz önüne alındığında rüzgar türbinlerinin ömürleri yaklaşık 25 olarak öngörülür. Hidroelektirik santrallerinde ise bu süre genelde 50 yıl olup, 100 yıla kadar uzayabilmektedir.



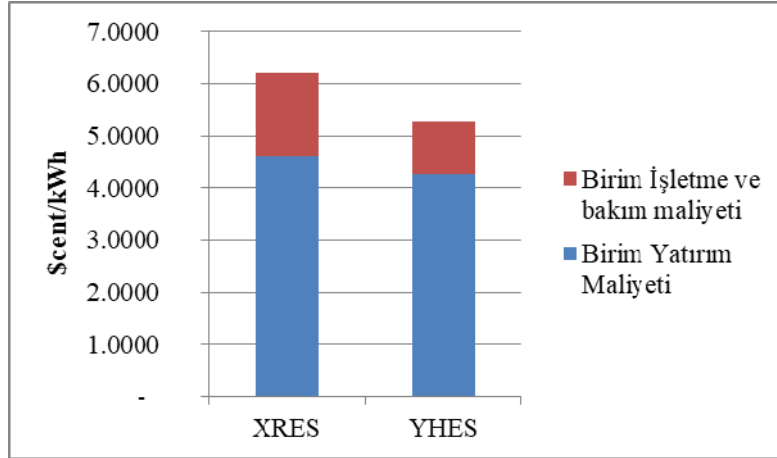
Şekil 1. XRES ve YHES’de İlk Yatırım Maliyetleri ile Faiz ve Eskalasyon Yükü Dahil Yatırım Maliyetleri

Bir değere getirilmiş maliyet yöntemine göre bulunan XRES ve YHES yıllık sabit sermaye maliyeti ile yıllık işletme ve bakım maliyetinin karşılaştırması aşağıdaki şekilde belirtilmiştir. Aşağıdaki şekilde de görüleceği üzere YHES’in sabit yıllık sermaye masrafı ile yıllık işletme-bakım gideri XRES’e oranla daha düşüktür. Her ne kadar YHES’in işletmeye geçtiği tarih itibariyle yatırım bedeli XRES’e göre daha yüksek olsa da, proje ömrünün daha uzun olması sebebiyle, yıllık sermaye maliyeti daha düşük çıkmaktadır.



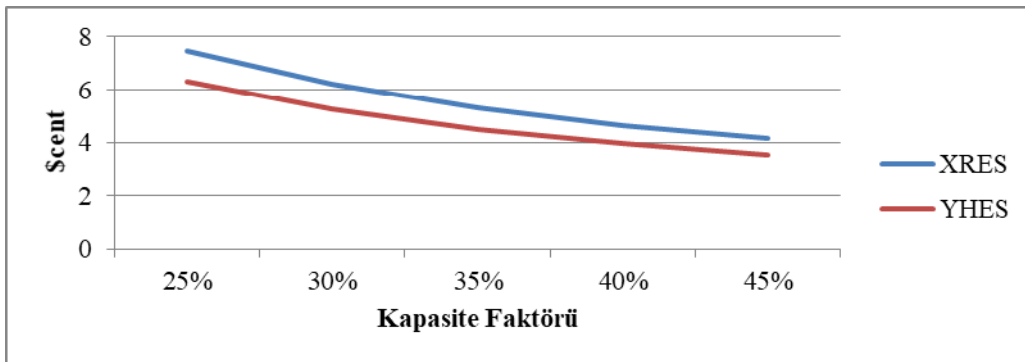
Şekil 2. XRES ve YHES’de Yıllık Sermaye Maliyeti ile Yıllık İşleme ve Bakım Maliyeti

XRES ve YHES projelerinin birim enerji maliyetleri içinde birim yatırım maliyeti ile birim işletme maliyetinin payları aşağıdaki gibidir.



Şekil 3. XRES ve YHES'de kWh Başına Birim Enerji Maliyetleri

Uygulamada da görüleceği üzere birim enerji maliyetine etki eden başlıca faktörler; yatırım maliyeti, işletme-bakım giderleri, indirgeme oranı, kapasite faktörü, santrallerin proje ömürleridir. Kapasite faktörü bu iki proje içinde aynı alınmıştır. Uygulamada kapasite faktörünün birim enerji maliyetine etkisini göstermek amacıyla duyarlılık analizi yapılmış olup, elde edilen sonuç aşağıdaki şekilde verilmiştir. Görüleceği üzere kapasite faktörü arttıkça projelerin birim enerji maliyetleri azalmaktadır. O nedenle yatırımcıların proje fizibilite aşamasında kararını etkilecek en önemli etkenlerden biri projenin kapasite faktörüdür. Projenin kapasite faktörünün %30 yerine %35 olması enerji birim fiyatında % 14 oranında bir tasarruf sağlamaktadır. Kapasite faktörünün %30 yerine %25 olması durumunda enerji birim fiyatında %20 oranında bir artış olmaktadır.



Şekil 4. XRES ve YHES'de Kapasite Faktörünün kWh Başına Birim Enerji Maliyetine Etkisi

5.4. Kapasite Faktörlerinin Farklı Olması Durumunda Kilovatsaat Başına Birim Maliyet Karşılaştırması

Yukarıdaki uygulamada her iki projenin de kapasite faktörlerinin aynı olduğu öngörülmüştü. Aşağıda ise kapasite faktörlerinin farklı olması durumunda XRES ve YHES projelerinde üretilen enerjinin birim maliyetlerini karşılaştırmalı değerlendirilmesi yapılacaktır.



Yukarıda belirtilen formül ve hesaplamalar bu kapasite faktörlerine uygulandığında bir değere getirilmiş maliyet yöntemine göre (LCOE) aynı bölgede kurulması planlanan %40 kapasite faktörüne sahip XRES ile %30 kapasite faktörüne sahip YHES’de üretilen enerjinin birim maliyetleri ile %30 kapasite faktörüne sahip XRES ile %40 kapasite faktörüne sahip YHES’de aşağıda karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

	Kapasite Faktörü			
	XRES		YHES	
	40%	30%	40%	30%
Birim Yatırım Maliyeti(\$cent/kWh)	3,4503	4,6004	3,206	4,2747
Birim İşletme ve Bakım Maliyeti (\$cent/kWh)	1,2063	1,6083	0,7429	0,9907
Birim Enerji Maliyeti (\$cent/kWh)	4,6566	6,2087	3,9489	5,2654

Görüldüğü üzere tüm verilerin aynı kalmasına rağmen kapasite faktöründeki %10’luk değişim XRES’de üretilecek birim enerji maliyetinin YHES’de üretilecek birim enerji maliyetinden daha düşük çıkmasına sebep olmuştur. Yine diğer tüm verilerin aynı olmasına rağmen kapasite faktöründeki % 10’luk artış, birim yatırım maliyetinde, birim işletme ve bakım maliyetinde, birim enerji maliyetinde %25’lik bir düşüş yaratmıştır.

6. SONUÇ

Uygulamada da görüldüğü üzere birim enerji maliyetine etki eden başlıca faktörler; yatırım maliyeti, işletme-bakım giderleri, indirgeme oranı, kapasite faktörü, santrallerin proje ömürleridir. Uygulamanın ilk aşamasında aynı yerde, aynı kurulu güç ve kapasite faktörüne sahip olan nehir tipi hidroelektrik enerji santralinde üretilecek enerjinin birim maliyeti, rüzgar enerji santralinde üretilecek enerjinin birim maliyetinden düşük çıkmıştır. Uygulamanın ilk aşamasında ki sonuçlar doğrultusunda faiz ve eskalasyon yükü dahil yatırım maliyetlerini karşılaştırdığımızda YHES’in yatırım maliyeti açısından XRES’ten daha yüksek bir maliyete sahip olduğu görülmüş olup, sabit yıllık sermaye maliyeti ile yıllık işletme ve bakım maliyetinin ve bunların sonucu olarak birim enerji maliyetinin XRES’de daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Uygulamanın ikinci aşamasında kapasite faktörlerinin farklı olması durumunda XRES ve YHES projelerinde üretilen enerjinin birim maliyetlerinin karşılaştırmalı değerlendirilmesi yapılmıştır. Kapasite faktörü dışındaki diğer verilerin değişmediği varsayımı ile hareket edilmiştir. Öncelikle XRES projesinin %40, YHES projesinin ise %30 kapasite faktörü ile çalışacağı varsayımı ile üretilen enerjinin birim maliyeti hesaplanmış, sonrasında ise XRES’in %30, YHES’in %40 kapasite faktörü ile çalışacağı varsayımlarıyla çıkan sonuçlar karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgulara göre kapasite faktöründeki % 10’luk değişim birim enerji maliyetine %25 oranında etki ettiği tespit edilmiş olup, kapasite faktörünün projelerinin verimliliği ve birim enerji maliyeti üzerindeki etkileri ilgili bölümde değerlendirilmiştir.



Elde edilen bulgular çerçevesinde yatırımcının aynı özelliklere sahip bir sahada rüzgar enerji santrali veya hidroelektrik enerji santralini yapma kararında birim enerji maliyetleri belirleyici bir rol oynayacaktır. Ancak yatırımcının kararını etkileyebilecek diğer faktörler de ön plana çıkacaktır. Bu faktörlerin başında çevresel unsurlar gelir. Her ne kadar yenilenebilir ve alternatiflerine göre pek çok avantajı olan bir enerji kaynağı da olsa; ülkemizde özellikle santralin yapılacağı bölgelerdeki yerli halk hidroelektrik santrallerinin yapımına çok sıcak bakmamaktadır. Bu da yatırım sürecinde özellikle ÇED ve kamulaştırma sürecini uzatmaktadır. Buna karşın rüzgar enerji santrallerinin yapıldığı sahalarda türbinler, santral binası ve şalt sahası dışındaki arazi kullanılabilir olduğundan (hatta 2 rüzgar türbini arasındaki arazide tarım bile yapılabilir) yatırımcı rüzgar enerji santralinden yana karar verebilir. Diğer bir faktör yatırım süresidir. Bir hidroelektrik enerji santralini yapımı rüzgar enerji santralini yapımından daha uzun sürmektedir. Hidroelektrik santralini yapımında inşaat süreci, rüzgar enerji santrali inşaat sürecinden daha uzundur. Hatta 30 MW kurulu gücündeki bir rüzgar enerji santralini yapımı özellikle yaz aylarına denk geldiğinde sadece 3-4 aylık bir süreyi alabilir. Buna karşın aynı kurulu güçteki hidroelektrik santralini inşaatı 2 yıl içinde bitebilmektedir. Ancak hem rüzgar enerji santralinde hem de hidroelektrik santralinde türbinler genelde yurtdışından temin edildiğinden tedarikleri uzun zaman alabilmektedir. Bir diğer faktör ise kredi finansmanının kolaylık derecesidir. Yerli veya yabancı pek çok finansman kurumu yenilenebilir enerji kaynaklarının finansmanına sıcak bakmakla birlikte özellikle çevresel tenkit unsuru olma ihtimaline karşın hidroelektrik santrallerinin finansmanına biraz daha mesafeli olabilmektedirler. Uygulamaya konu veriler her yıl gelişen teknoloji, yıllar itibarıyla ülkenin içinde bulunduğu ekonomik durum, sektörün hem ülkemizde hem de dünyadaki durumu sebebiyle bu maliyetlerin karşılaştırmasının da yıllar itibarıyla değişebileceği gözönünde bulundurulmalıdır.

Sonuç olarak; fosil yakıtların bir gün biteceği, göz önüne alınarak ülkemizin öz kaynağı olan yenilenebilir enerji kaynaklarımızdan rüzgar enerjisi ve hidroelektrik enerjiye daha fazla önem verilmelidir. Yatırımcının bu sektöre daha fazla yatırım yapabilmesi için en önemli faktör maliyettir. Yatırımcının kararını etkileyen birim enerji maliyetinin hesaplanmasında pek çok bileşen bulunmaktadır. Bu bileşenlerin en önemlileri; projelerin kapasite faktörleri, finansman teminidir. Bu noktada kapasite faktörü projelerin teknik yapılabilirliği açısından ve üretilecek enerjinin birim maliyetinin düşük olması açısından önemlidir. Diğer önemli bir unsur olan proje finansmanı ise yatırımcının önündeki engellerden biridir. Bu aşamada proje finansmanın bazı devlet politikaları ile kolaylaştırılması ve varolan teşviklerin artırılması ile enerji sektöründe ülkemizin dışa bağımlılığını azaltılabilir. Esmekte olan rüzgarı ve akmakta olan suyu enerji olarak değerlendirmek artık bir gereklilik olarak karşımıza çıkmıştır.

**REFERENCES**

- ALTUĞ, Osman. **Maliyet Muhasebesi**. İstanbul: Türkmen Kitabevi, 2001.
- AYBERS, Nejat, Bahri Şahin. **Enerji Maliyeti**. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Matbaası, 1995.
- MANWELL, J.F., J.G. McGowan ve A.L. Rogers. **WindEnergyExplainedTheory, Design and Application**. England: John Wiles&Sons, 2003
- SIMKINS, Betty ve Simkins, Russel. **Energy Finance and Economics Analysis and Valuation, Risk Management and the Future of Energy**. John Wiley&Sons. 2013.
- YAĞLI İbrahim Mete, “Yenilebilir Enerji Kaynağı Olarak Rüzgar Enerjisi”, **Uluslararası Ekonomik Sorunlar Dergisi**, Sayı: 34, 2009, 29-33
- <http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/gunes/tgunes.html>
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, <http://www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf=webpages&b=gunes&bn=233&hn=&nm=384&id=40695>