

## RÜZGÂR ENERJİSİ MALİYETLERİ VE TEŞVİKLERİ

Receb Enes GÖKÇINAR<sup>1</sup>, Ali UYUMAZ<sup>2</sup>

İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi  
İnşaat Bölümü

[egokcinar@ibb.gov.tr](mailto:egokcinar@ibb.gov.tr); [uyumaz@itu.edu.tr](mailto:uyumaz@itu.edu.tr)

### Özet

Yenilenebilir enerjilerden rüzgâr enerjisi kullanımı son yıllarda hızlı bir artış göstermiş olup, birçok ülkede rüzgâr enerjisi kullanımını teşvik etmek için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Hammadde ihtiyacının olmaması, santral kurulumunun daha hızlı gerçekleştirilmesi, temiz bir enerji kaynağı olması ve dışa bağımlılığı azaltması rüzgâr enerjisini cazip kılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının ülke ihtiyaçlarını belirli bir oranda karşılayabilmesi veya fosil kaynaklar ile rekabet edebilmesi için dünyada teşvik esasları geliştirilmiştir. Bu teşvikler ile hem yenilenebilir enerjilere dayalı bir sanayi oluşmakta hem de uygulanabilirlikleri yaygınlaşmaktadır. Bu çalışma ile ülkemizde ve dünyada rüzgâr potansiyeli belirtilerek rüzgâr enerjisine yönelik teşvik ve uygulamaların maliyet açısından karşılaştırılması yapılmış, ülkemizde rüzgâr enerjisi yatırımını ve kullanımını artırmaya yönelik yapılabilecek çalışmalar tanımlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Rüzgâr enerjisi, Maliyet, Teşvikler

### Abstract

Recently, world has been facing two main disasters; the global climate change which almost depends on the fossil based energy consumption and the other one is the lack of energy reservoirs. These regarding serious issues irresistible increase the attraction towards the renewable energy systems. The consumption of wind energy has increased recently. In several countries, wind energy incentive programmes such as fixed tariff, carbon tax, green certificate have been established and usage of wind energy supply has been increased due to these programmes. When compared with indirect expenses, wind energy becomes more economical than other conventional energy systems. The indirect expenses mostly can not be calculated clearly as it depends on the social and environmental issues Wind energy is considered as a competitive energy source due to its renewable, clean, independent energy supplement, low operation and maintenance costs. The incentives for renewable energy sources have been developed in several countries in order to maintain the national energy demand and competitiveness against the fuel based energy sources. In this thesis, the incentives and applications of wind energy among several countries and Turkey are compared regarding the definition of developing wind energy investment and consumption methods.

**Keywords:** Wind Energy, Cost, Incentives, Hybrid Systems

## 1. GİRİŞ

Bilindiği gibi yeryüzünde mevcut bütün enerji kaynaklarının kullanılarak elektrik enerjisine dönüştürülmesi o kaynağın kendine özgü niteliği, zenginliği ve cinsine göre değişmektedir. Elektrik üretimi için kullanılan enerji kaynaklarının çok detaylı fiyat/maliyet analizleri yapılarak toplam maliyeti en düşük olan enerji kaynakları belirlenmektedir. Ülkemizde ortalama rüzgâr verimliliğinin %30'un üzerinde olduğu ve Kyoto protokolü çerçevesinde küresel ısınma ve çevre kirliliği göz önüne alındığında, Türkiye'de hükümet alım garantisi desteği ile rüzgâr enerjisi yatırımlarına büyük bir yönelme gerçekleşmiştir.

## 2. RÜZGAR ENERJİSİ MALİYET ANALİZİ

Rüzgâr Enerjisi mevcut üretim teknolojileri ile kW başına yüksek sermaye gerektiren ancak yakıt ve işletme maliyeti en düşük olan bir enerji kaynağıdır.

Rüzgâr enerji maliyetini belirleyen etkenler şu şekilde sıralanabilir.

- Yatırım giderleri ( kurulum alanı, şebeke bağlantısı dahil)
- İşletme ve bakım giderleri
- Kapasite faktörü
- Türbin çalışma ömrü
- Dış maliyetler

Özellikle yatırım giderleri ve kapasite faktörü ekonomik verimlilik açısından kritik önem taşımaktadır.

Kapasite faktörü, tesisin kurulacağı alanın, yapılan rüzgâr ölçümleri ile belirlenen yıllık ortalama rüzgâr hızında üretilen elektrik enerjisinin türbinin maksimum gücüne ulaştığı rüzgâr hızında üreteceği elektrik enerjisine bölünmesinden elde edilen “%” cinsinden değerdir. Genelde rüzgâr santrallerinde kapasite faktörü %20-%45 arasında değişmekte olduğundan üretilen enerji için yatırım maliyetini etkilemektedir (EİE, 2008).

İşletme giderleri yeni bir türbinde üretilen birim kW enerji başı %10-15 arasında değişmekte olup, türbin yaşı ilerledikçe maliyetler içindeki payı %35 düzeyine kadar çıkabilmektedir. Bu nedenle üreticiler daha nadir bakım ihtiyacı duyan yeni dizayn türbin oluşturmak için çalışmaktadırlar (Akyüz, 2000).

Rüzgâr enerjisi üretim maliyetinin %75 ini kurulum giderleri (alan, türbin, şebeke bağlantısı) oluşturmakta olup, maliyetin %40-%60 arasında işletme giderlerinin oluşturduğu konvansiyonel kömür fosil teknolojilerine göre kurulum eksenli bir sistemdir. Rüzgâr türbinlerinin enerji üretim birim maliyetleri ülkelere göre değişiklik göstermekte olup, genellikle 900 €/kW ile 1.150 €/kW arasındadır

Aşağıda verilen Tablo 3.3'de muhtelif enerji kaynaklarından elektrik üretim maliyetleri sunulmuştur.

**Tablo 3.3:** Enerji Üretim Maliyetleri

<b>Enerji Kaynağı</b>	<b>Maliyet (c€/kWh)</b>
Kömür	4,8-5,5
Gaz	3,9-4,4
Su	5,1-11,3
Biokütle	5,8-11,6
Nükleer	4,2-5,3
Rüzgar	4-6

## 2.1 DIŞ MALİYETLER

Dış maliyetler üretim veya tesisle doğrudan ilgisi olmayan, çevreye, enerji sektörüne veya diğer sektörler verilen zararların maliyeti olarak tanımlanmaktadır. Genel olarak rüzgâr enerjisi santralleri için dikilen türbinlerin her biri en fazla 100 m<sup>2</sup> lik bir alan kaplamaktadırlar. Rüzgâr türbinleri arasında kalan arazinin ise başka faaliyetler için kullanılmasında hiçbir sakınca yoktur. Ayrıca dünya genelinde rüzgâr santrallerinin deniz üstünde kurulan (Offshore) tipleri oldukça yaygınlaşmaktadır. Bu durumda santral inşaatı için alan kaybı olmamaktadır.

Küresel iklim değişikliği ve çevre kirliliğinin tehlikeli boyutlara ulaşmasıyla rüzgâr enerjisi yatırımları neticesinde sera etkisi doğuran gaz salınım miktarları düşürülmüştür. Bu aşamada gelişmiş ülkelerin dış maliyetler için kurumlara ek

vergiler getirilmiştir. Tablo 3.7'de kömür, gaz ve rüzgar enerjisi için iç ve dış ortalama maliyetler karşılaştırılmıştır. Görüldüğü gibi rüzgâr enerjisi dış maliyetler göz önüne alındığında en avantajlı enerji kaynağı olmaktadır.

**Tablo 3.7: İç ve Dış Maliyetler**

	İç Maliyet (c€/kWh)	Dış Maliyet (c€/kWh)
Kömür	4,8	5,0
Gaz	4,0	2,5
Rüzgar	4,2	0,1

### 3. TEŞVİKLER

#### 3.1 ENERJİ PAZARI TEŞVİKLERİ

AB üye ülkelerinde yenilenebilir enerji kaynaklarının desteklenmesi 5 ana uygulama şekli ile yapılmaktadır. Bunlar; araştırma desteği, sabit fiyatlandırma uygulaması, sabit prim uygulaması, artırmalı fiyat uygulaması ve sertifikasyon uygulaması şeklindedir. Tüm bu uygulamaların amacı çevresel etki maliyetleri ihmal edilerek mevcut rekabet olumsuzluklarının aşılmasını sağlamaktır.

Enerji üretiminde çevresel etki maliyetleri enerji satış fiyatlarına yansıtıldığı takdirde rüzgâr enerjisi ve diğer yenilenebilir enerji sistemlerinin desteğe ihtiyacı kalmayacağı Avrupa Birliği Enerji Komisyonu raporunda yer almaktadır. (EWEA, 2004)

Komisyonun raporuna göre çevresel etki maliyetleri ve sağlık giderleri gibi dolaylı maliyetler enerji fiyatlarına yansıtıldığında kömür ve petrol kaynaklı enerji üretim maliyetleri iki katı, gaz kaynaklı enerji üretim maliyetleri %30 oranında artacaktır.

#### 3.2 ÖDEME MEKANİZMALARI

Bu çerçevede üç ana teşviklendirme uygulaması geliştirilmiştir (EWEA, 2004).

- Enerjinin miktarının ve fiyatının pazar tarafından belirlendiği gönüllü uygulama sistemi (yeşil pazar)

- Üreticiye ödenecek üretim bedelinin devlet tarafından belirlendiği, üretilecek enerji miktarının pazar tarafından belirlendiği sistem ( sabit fiyat sistemi)
- Üretim miktarının devlet tarafından belirlendiği, fiyatın pazar tarafından belirlendiği sistem (sabit üretim sistemi)

Sabit fiyat ve sabit üretim sistemleri korumalı bir pazar ortamı oluşturarak pazara yeni giren rüzgâr enerjisinin rekabet noktasında yaşayacağı zorlukları aşmasında yardımcı olmaktadır.

### 3.2.1 Gönüllü Sistem ve Yeşil Pazar

Teorik olarak düşünüldüğünde rüzgâr enerjisinin gönüllü kullanım talebi ve hükümet politikasından bağımsız bir pazar oluşturulabilmesi mümkün görünse de, yeşil pazar ve gönüllü sistem uygulamaları ile daha fazla ödeyerek temiz enerji kullanılması düşüncesinin rüzgâr enerjisi gelişimine etkisi olmadığı uygulamalardan görülmektedir.

### 3.2.2 Sabit Tarife Sistemi

Üreticiye ödenecek fiyat aralığı türbin sisteminin kurulacağı alana göre değişmektedir. Bu fiyatlandırma yüksek rüzgârlı bölgelerde düşük iken, düşük rüzgârlı bölgelerde yüksek olmaktadır. Böylece üreticinin yüksek rüzgârlı belirli bir alanda yoğunlaşması engellenmektedir.

Üretim tesislerinde üretilen elektriğin satış fiyatı için üst sınır getirilmesi, yenilenebilir enerji sektörünün serbest piyasa koşullarında gelişmesini önleyici, yatırımları caydırıcı bir unsur olmaktadır. Bu sistemin uygulandığı ülkeler; Almanya, Portekiz, İspanya ve Yunanistan'dır.

### 3.2.3 Sabit Üretim Sistemi

Üretilmesi istenen enerji miktarının hükümetin koyduğu kota ile sınırlandırılarak enerji fiyatının pazar tarafından belirlendiği bir sistemdir.

Rüzgâr enerji pazarında iki çeşit sabit üretim uygulaması vardır:

- İhale uygulaması
- Yeşil enerji sertifika uygulaması

İhale uygulamasında; yatırımcılar ihaleye davet edilerek belirlenen zaman aralığında istenen enerji üretimi için teklif alınır. En düşük teklif sahibi ile sözleşme yapılarak yatırım çalışmalarına başlanır. İhale sisteminde elektrik fiyatı hükümet tarafından değil pazar içerisinde oluşmaktadır. Sistemin uygulandığı ülkeler; İngiltere ve İrlanda'dır.

Yeşil enerji sertifikası, üretimini yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlayan kuruluşlara proje bazında verilen bir belgedir. Üretici firma, yatırımını yeşil sertifika sistemine dahil etmekle uluslararası sertifika ticareti yaparak mevcut üretiminden kWh başına ilave gelir kazanma imkanını da bulabilmektedir. Hollanda, Danimarka ve İtalya'da uygulanmaktadır.

### 3.3 YATIRIM TEŞVİĞİ

Rüzgâr enerjisi yatırımlarının ilk yıllarında üreticiye verilen teşvik kurulacak türbinin kW cinsinden kapasitesine göre verilirdi. Bunun sonucunda rüzgâr şiddeti düşük bölgelerde kapasitenin üzerinde güce sahip türbinler kullanıldığından enerji üretim verimi düşmüş, maliyetler yükselmiştir. Zaman içinde bu teşvik hem kapasiteye hem de üretilen enerji verimine bağlı olarak düzenlenmeye başlanmıştır.

### 3.4 KARBON VERGİSİ

Elektrik santrallerinin karbon salınım oranlarının düşürülerek çevreye etkilerini azaltmaya yönelik uygulanan vergilendirme modelidir. Karbon vergisinin uygulandığı bazı ülkeler şunlardır: Finlandiya, İsveç, İngiltere, Danimarka, Yeni Zelanda, Amerika ve Kanada (EWEA, 2004).

### 3.5 AVRUPA VE TÜRKİYE'DE UYGULANAN TEŞVİKLER

Türkiye:

Elektrik piyasası lisans yönetmeliği ile ülkemizde uygulanan teşvikler

şunlardır (Altuntaşoğlu, 2007), (Şahin, 2008).

- Uygulanacak fiyat her yıl için EPDK'nın belirlediği bir yıl önceki Türkiye Ortalama Toptan Satış Fiyatıdır. Bu fiyat 5 c€/kWh karşılığı YTL'den az, 5,5 c€/kWh karşılığı YTL'den fazla olamaz.

- Sabit fiyat tarifesi 31.12.2011 tarihine kadar işletmeye giren tesislerin ilk 10 yılı geçerlidir.
- TEDAŞ ya da lisanslı dağıtıcılar YEK kullanan üretim tesislerinin şebeke bağlantıları için öncelik sağlayacaktır.
- Geliştirilecek projelerde devlete ait araziler yasaklı bölgeler haricinde rüzgâr enerjisi yatırımcılarına tahsis edilecektir.
- 2011 yılı sonuna kadar devreye alınacak bu tesislerden ulaşım yollarından ve şebekeye bağlantı noktasına kadarki enerji nakil hatlarından yatırım ve işletme dönemlerinin ilk 10 yılında izin, kira, irtifak hakkı ve kullanma izin bedellerinde %85 indirim uygulanacaktır.

**Tablo 3.1:** Türkiye ve Avrupada'ki Mevcut Uygulamalar

	Sabit Tarife	Sabit Üretim	Devlet Sübvansesi	Teşvik ödemesi	Karbon iadesi	Yeşil enerji sertifikası	Kurulum ve İnşaat sahası
Almanya	9 c€/kWh		max %25	Finansman temini		Var	
Belçika			max %15	2,45 c€/kWh			
Danimarka				1,5 c€/kWh	0,18 c€/kWh	Var	Vergi muafiyeti
Fransa	9,86 c€/kWh						%25 vergi muafiyeti
İngiltere		Var					
İspanya	6,27c€/kWh						
İsveç			max %25		0,15 c€/kWh		
İtalya	5,70 c€/kWh	Var	max %40			Var	
Yunanistan	7,32 c€/kWh		max %30				
Türkiye	5,5 c€/kWh						Arazi tahsisi

#### 4. SONUÇLAR

Rüzgâr Enerjisi, özelliği gereği çevreye en az zarar veren, dolayısıyla dış maliyetleri en düşük enerji kaynağı olup en önemli problemi süreksizliktir. Süreksizliğin en aza indirgenmesiyle yapılan teşvikler azalacak ve yatırımlarda verimlilik artacaktır. Türkiye'de rüzgâr enerjisi konusunda teşvik, süreklilik ve verimlilik açısından yapılması gerekenler şu şekilde belirlenmiştir.

- Sabit tarife, alan tahsisi ve finansman desteği gibi teşviklerin küçük santral sistemler için de uygulanması üretimi artıracaktır.
- Karbon iadesi, teşvik ödemesi gibi uygulamaların yürürlüğe girmesi gerekmektedir.
- Yenilenebilir enerjilerdeki süreksizlik göz önüne alınarak rüzgâr enerjisinde bu sorunu ortadan kaldırmak veya en aza indirmek için hibrit sistemlerin kullanımı gereği ortaya çıkmaktadır.

### 5. KAYNAKLAR

1. **Akyüz, O.**, (2000). Rüzgar enerjisi ve diğer enerji kaynaklarının fiyat/maliyet analizi raporu, 11 Mayıs, Ankara.
2. **Altuntaşoğlu, Z.**, (2007). YEK Elektrik Direktifi, Eurosolar Türkiye Inforse Çalıştayı, 15-16 Aralık, Ankara.
3. **Şahin, A.D.**, (2008). 'A Review on Research and Development on Wind Energy in Turkey', pp.132-133, İstanbul.
4. **AWEA**, (2004). 'American Wind Energy Association, Comperative air emissions of wind and other fuels', <http://www.awea.com>.
5. **EİE**, (2008). Türkiye Elektrik İşleri Etüt İdaresi, 'Rüzgar Enerjisi Çalışması', [http://www.eie.gov.tr/turkce/ruzgar/ruzgar\\_potansiyel.html](http://www.eie.gov.tr/turkce/ruzgar/ruzgar_potansiyel.html).
6. **EWEA**, (2004). European Wind Energy Association, Volume 5, 'Market Incentives', <http://www.ewea.org>.