

TÜRKİYE KOŞULLARINDA GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALLERİNİN MALİYET ANALİZİ

Dr. İsmail EKMEKÇİ - Dr. Zehra SÖĞÜT YUMURTACI

Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü

Zehra Söğüt YUMURTACI

1965 Yenişehir (Bursa) doğumlu olup, ilk, orta ve lise öğrenimini Bursa'da tamamladı. 1986'da Yıldız Teknik Üniversitesi'nden Makina Mühendisi olarak mezun oldu. Sırası ile 1988 yılında aynı üniversitenin Enerji Makinaları Anabilim Dalı 'nda Yüksek Lisans ve 1995'te ise aynı Anabilim Dalı'nda Doktora derecesini aldı. Halen Yıldız Teknik Üniversitesi'nde öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır.

İsmail EKMEKÇİ

1957 Keleş (Bursa) doğumlu olup, ilk, orta öğrenimini Bursa'da, Lise öğrenimini Aydın'da tamamladı. 1981'de Yıldız Teknik Üniversitesi'nden Makina Mühendisi olarak mezun oldu. Sırası ile 1984 yılında aynı üniversitenin İso Ana-bilim Dalı'nda Yüksek Lisans ve 1995'te ise aynı Anabilim Dalı'nda Doktora derecesi aldı. Yıldız Teknik Üniversitesi'nde Araştırma görevlisi olarak çalıştı, halen Sakarya Üniversitesi'nde yardımcı doçent olarak çalışmaktadır.

ÖZET

Türkiye'de planlanan enerji santrallerinin zamanında devreye girememesi yüzünden yakın bir gelecekte enerji açığı ile karşı karşıya kalınması ihtimal dahilindedir. Bu nedenle, çevreyi kirlenmeyen, ithal enerji bağımlılığını azaltan, yeni enerji kaynaklarının yatırım maliyeti yüksek olsa bile enerji açığı karşısında, bu yatırımlara yönelmek daha ekonomik olmaktadır.

Bu çalışmada, yenilenebilir enerji kaynaklarından, güneş enerji santrallerinin maliyeti, birim enerji maliyeti Türkiye'deki ışınım şiddeti değerlerine göre, bütün bölgeler için hesaplanmış ve grafiklerle gösterilmiştir. 1970'ten günümüze kadar Türkiye'deki elektrik enerjisi üretim ve talep değerleri incelenerek enerji açığının, ekonomideki olumsuz etkisinden ortaya çıkan birim enerji maliyeti ile bu santrallerde üretilecek elektrik enerjisinin birim enerji maliyeti değerleri karşılaştırılmıştır.

1. GİRİŞ

Dünyada primer olarak kullanılan enerji kaynakları fosil yakıtlardır. Kömür, petrol, doğal gaz gibi yakıtlar gittikçe tükenmektedir ve bu enerji kaynaklarının fiyatları, gerek sosyal gerekse politik sebeplerden dolayı artış içindedir. Petrolün gelecek yüzyılda tükeneceği ve kömürün de birkaç yüzyıl daha dayanacağı göz önüne alındığında yeni enerji kaynaklarının vakit geçirilmeden araştırılması çok önemli bir husus olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca her ülkenin kendi öz kaynaklarına yönelme istekleri ve ekonomik dar boğazlar yeni enerji kaynaklarının kullanımını şimdiden zorunlu hale getirmiştir. Sözü edilen ekonomik dar boğazın en önemlisi petrol krizidir. Araştırılan, kullanılan ve gelecek vaadeden fosil enerji kaynaklarının alternatifleri arasında "Nükleer Enerji" ve "Hidrolik Enerji" çok önemlidir; fakat nükleer enerji bazı özel sorunları da (lisanslama, izin, kurulma süresi v.b.) beraberinde getirilmektedir. Hidrolik enerjide ise, kaynağının her ülke için sınırlı olması nedeniyle büyük bir dezavantaj olmaktadır.

Bu enerji kaynakları dışında halen bazı uygulama alanlarında kullanılan ve ülkemiz için yaygın bir enerji kaynağı olan "Güneş Enerjisi" hemen göze çarpmaktadır. Ülkemiz için ithal enerji bağımlılığını azaltması, boşa giden enerji kaynağından yararlanma ve çevre faktörü gibi nedenlerle kullanılması uygun olan bir enerji kaynağıdır.

2. GÜNEŞ ENERJİSİ

Güneş enerjisi temiz ve çevreyi kirlenmeyen bir enerji kaynağı olmasıyla dikkat çekmektedir. Üretilen enerjinin büyük bir bölümü konut ve sanayi alanlarında harcanmaktadır. Sanayi sektöründe enerji ihtiyacının genellikle mevsimlere göre dalgalanma göstermeyişi güneş enerjisinin bu sektörde kullanılmasını kolaylaştıran bir faktördür.

Böylelikle, sanayi sektöründe kullanımı öncelikle ele alınması gereken bir konudur. Fakat büyük kullanım alanlarına uygulanabilmesi için özellikle elektrik enerjisine dönüşümü ile ilgili çalışmaların daha uzun süre alabileceği ve aynı zamanda bazı problemlerde kullanılmaktadır. Bu problemleri:

- Yoğunluğu düşük olan güneş enerjisinden yararlanmak için geniş ve serbest alanlara ihtiyaç vardır.
- Güneş enerjisinin elektrik enerjisinin dönüştüren sistemlerin yatırım maliyeti yüksektir.

3) Isıtma da, güneş enerjisinin en az olduğu zamanlarda en çok ihtiyaç duyulmaktadır.

şeklinde sayabiliriz.

Diğer enerji kaynakları da düşünülürse, her enerji kaynağının kullanım şartlarına göre avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır.

3. GÜNEŞ ENERJİSİ İLE ENERJİ ÜRETİMİ

Güneş enerjisi elektrik enerjisine değişik yollarla dönüştürülebilmektedir. Teknik olarak bu sistemleri iki grup halinde toplayabiliriz:

1) Direkt santraller : Güneş ışınımı doğrudan elektrik enerjisine dönüştürülür. Bu tip santraller için termo-elektrik generatörler, güneş pilleri ve generatif yakıt pilleri örnek olarak verilebilir. Bunların içinde en önemlisi güneş pilleri (fotovoltaik pil)'dir.

2) Endirekt santraller : Güneş ışınımı dolaylı olarak elektrik enerjisine dönüştürülür. Bu tiplere örnek olarak, güneş havuzları, güneş kuleleri verilebilir.

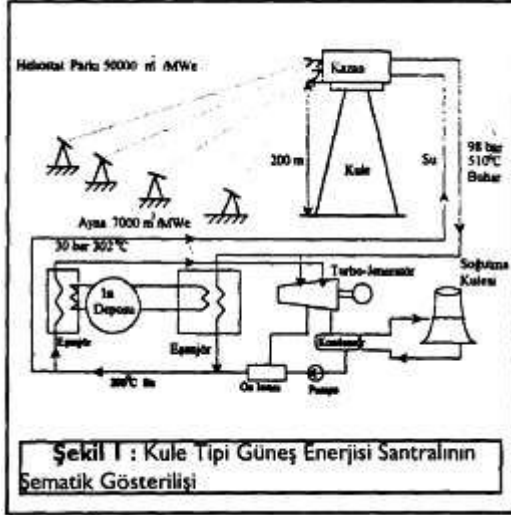
Bu çalışmada Güneş Kuleli bir santral dikkate alınmıştır. Dünyadaki güneş enerjisi ile elektrik enerjisi üretimi ve uygulamaları Tablo. 1'de verilmiştir (1).

Tablo 1. Güneş Enerjisi Kurulu Güç ve Üretilen Enerji Durumu					
Ülkeler	Fotovoltaik		Termoelektrik		Yıllık Direkt Alınan (TJ)
	Kurulu Güç (kW)	Yıllık Ür. (Mwh)	Kurulu Güç (kW)	Yıllık Ür. (Mwh)	
Avustralya	2000	-	25	-	3060
Belçika	15	-	-	-	-
Brundi	4124	-	18	-	-
Kanada	800	900	-	-	620
Etopya	55	330	-	-	-
Fransa	1000	1000	-	-	-
Almanya	1346	434	-	-	212
Gana	5982	39	-	-	-
İsrail	80	200	-	-	6790
İtalya	700	-	-	-	520
Japonya	1811	-	-	-	-
Ürdün	40	73	-	-	432
Güney Kore	769	927	-	-	95
Malezya	16	23	-	-	-
Meksika	2000	4418	-	-	687
Hollanda	400	450	-	-	150
Yeni Zelanda	5	-	-	-	-
Norveç	1600	2000	-	-	1.5
Pakistan	266	326	-	-	-
Portekiz	266	326	-	-	-
İspanya	3160	6320	-	-	1663
İsveç	10	8	-	-	30
Tayvan, Çin	10	-	-	-	715
İngiltere	32	-	-	-	361.2
A.B.D.	12000	-	279000	700000	-

4. GÜNEŞ KULELİ SANTRALLAR

Kuleli bir güneş enerji santralinin belli başlı elemanları; ısı depolama sistemi, yansıtıcı aynalar, toplayıcı kule sistemi ve türbin-generatör elektrik üretme tesisinden meydana gelir. Güneş ışınları yansıtıcı aynalar tarafından 200 m. yüksekliğindeki bir kule üzerinde monte edilen toplayıcının içine yansıtılarak, kızgın buharı türbin tarafından doğrudan doğruya kullanılmak üzere, türbine borularla gönderilir. Güneş enerjisinin herhangi bir nedenle kesintiye uğraması halinde ısı depolama enerjisi, türbini çalıştırmaya yetecek buharı üretmesi için ısı eşanjörlerine verilir. Yansıtıcı ayna sistemi, güneş ışınları toplayıcı sistemine sürekli yansıtılan kontrollü aynalar dizisinden meydana gelir. Bu aynalar düz ve güneşe bakan teraslı alana monte edilirler.

Kule tipi santrallerin dezavantajı, aynaların yerleştirileceği geniş alanlara ihtiyaç duyulmasıdır. Her ayna bağımsız olarak güneşi izlemelidir. Elektrik enerjisi üretme sistemi, toplayıcıdan gelen çalışma akışkanının ısı enerjisi, türbin-generatör vasıtasıyla elektrik enerjisine çevrilir ve generatörden alınan elektrik enerjisi regüle edilerek, enterkonnekte şebekeye iletilir. Şekil.1'de Güneş Kuleli Santralin şematik gösterilişi verilmiştir (1).



Güneş Kule Santrallerde elektrik enerjisi üretiminde, heliostat adı verilen iki eksen etrafında hareketli parabolik aynalar güneş ışınlarını yaklaşık 200 m. yüksekliğindeki bir kule üzerinde bulunan kazana yönlterek buhar üretmektedir. Şekil, 1'den de görüldüğü gibi, klasik olarak çalışan türbin-generatör grubunda elektrik enerjisi üretimi sağlar.

Bunun için güneş enerji santrallerinin yatırım maliyeti çok yüksektir, fakat güneş enerjili santrallerde maliyet, direkt olarak güneş ışınım şiddeti ile ilgilidir. Bu ışınım şiddetleri, ışınım şiddeti eğrilerinin ortalamaları ve güneşlenme süresi ile ilgilidir. Türkiye'deki bölgelere göre ortalama ışınım enerjileri Tablo.2'de verilmiştir (5). Bütün Türkiye'nin ışınım şiddeti eğrileri de Şekil.2'de verilmiştir (6).

Tablo 2 : Türkiye'de Bölgelere Göre Güneş Işınım Enerjileri	
Bölgeler	Güneş Işınım Enerjileri (kWh/m ² yıl)
Marmara	995
Ege	1135
İç Anadolu	1125
Akdeniz	1220
Güneydoğu	1215
Doğu Anadolu	1100
Doğu Karadeniz	840
Batı Karadeniz	970

$$TA_h = H_y \cdot A_h \cdot 1.5 \quad (\$) \quad (1.2)$$

olur. Birim tesis bedeli (C_s),

$$C_s = C_{so} \cdot \left(\frac{N_o}{N_c} \right)^{0.11} \quad (\$/kW) \quad (1.3)$$

ifadesinden hesaplanır. Toplam tesis bedeli (TTB),

$$TTB = C_s \cdot N_c \quad (\$) \quad (1.4)$$

olmaktadır. Amortisman faktörü ise C_{if} ise,

$$C_{if} = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (1.5)$$

ile hesaplanır. Yatırım maliyeti (YM),

$$YM = C_{if} \cdot TTB \quad (\$/yıl) \quad (1.6)$$

olmaktadır. Bir heliostat alanı ile toplanacak yıllık enerji (I_{h1}) ($kWh/m^2 \cdot yıl$) olarak hesaplanarak, heliostatların tamamı ile toplanacak yıllık enerji I_h ,

$$I_h = H_y \cdot I_{h1} \quad (kWh/yıl) \quad (1.7)$$

olacaktır. Santral verimi hesaba katılarak retilecek yıllık enerji (E),

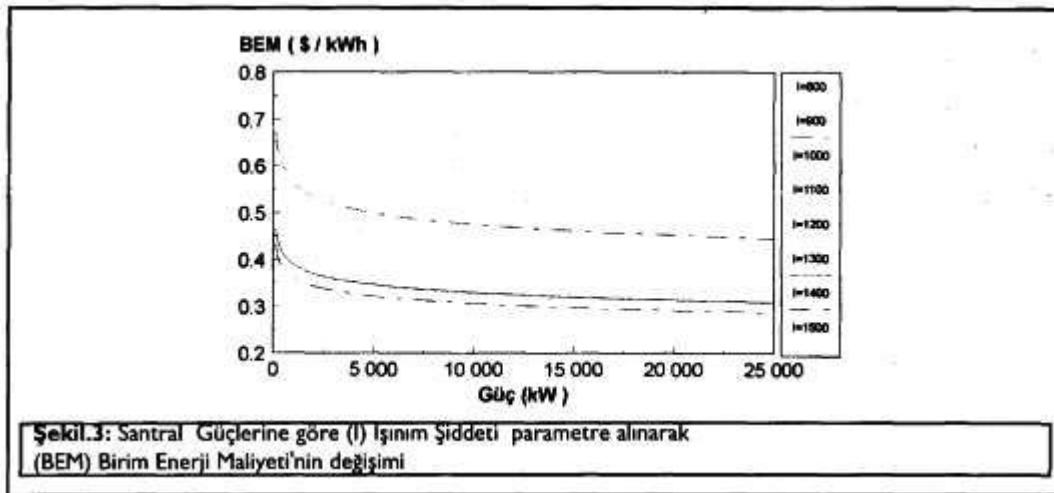
$$E = I_h \cdot \eta_s \quad (kWh/yıl) \quad (1.8)$$

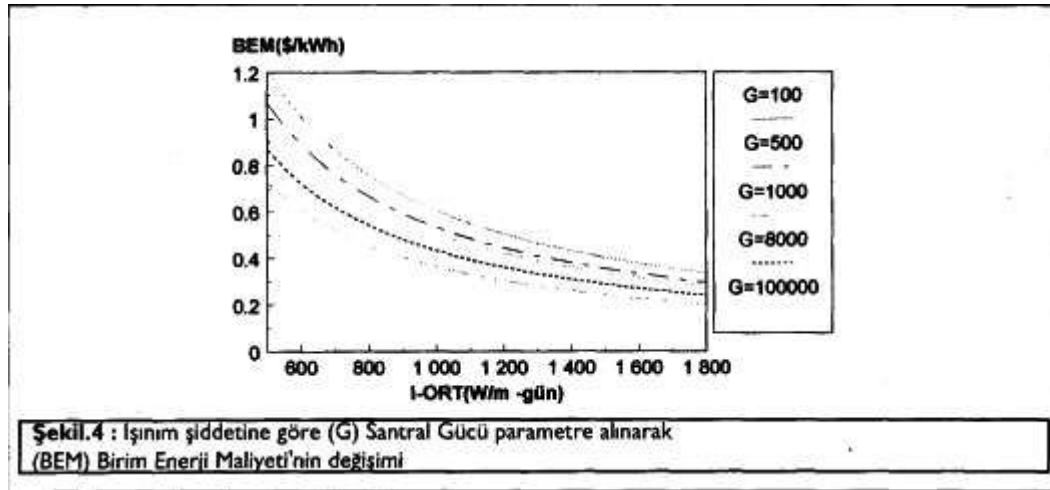
olarak hesaplanır.

Bunlardan birim enerji maliyeti g_x , yatırım maliyetinin üretilen yıllık enerjiye oranıdır :

$$g_x = \frac{YM}{E} \quad (\$/kWh) \quad (1.9)$$

Şekil. 3'de, yukarıda verilen formüllere bağlı şekilde, Türkiye'de bölgelere göre değişen güneş ışınım enerjileri dikkate alınarak, güneş enerjili kule tipi santrallarda güçlere göre birim enerji maliyetlerinin değişimi görülmektedir. Ayrıca, Şekil.4'te de değişen ışınım şiddeti değerlerine göre, birim enerji maliyetleri görülmektedir. Şekil.3 ve Şekil.4'teki eğrileri çizdirmek için, yukarıdaki formüllere dayalı olarak, (I) ışınım şiddeti ve (G) santral gücü parametre alınarak (BEM) Birim Enerji Maliyeti değerlerini hesaplayan bir bilgisayar programı hazırlanmış ve bu program ile elde edilen değerler eğrisel olarak ifade edilmiştir.

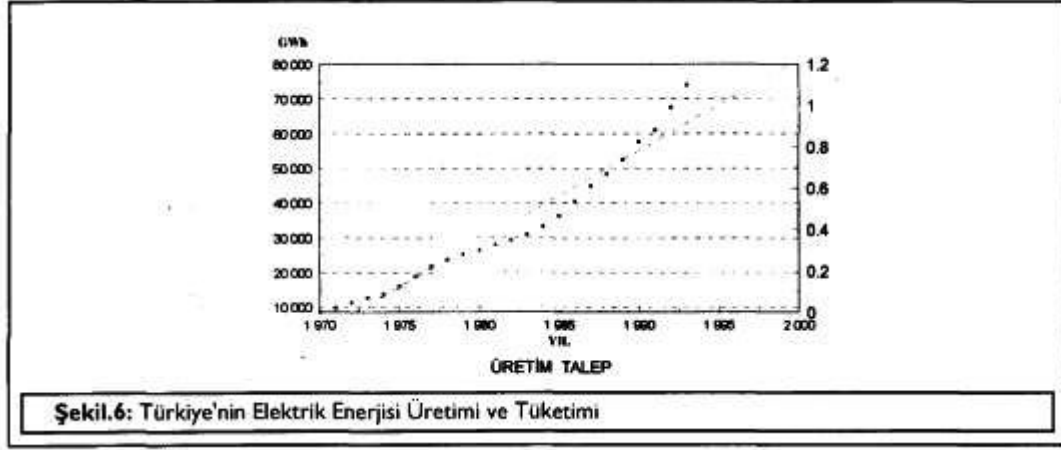




6. Enerji Açığına Bağlı Maliyet Kayıpları

Türkiye'nin yıllara göre elektrik enerjisi üretimi ve tüketimi incelendiğinde 1976 ile 1987 sonuna kadar enerji açığı olduğu görülmektedir. Bu değerler Tablo.3'de sayısal olarak verilmiş ve grafik olarak da Şekil.6'da gösterilmiştir (2).

Tablo.3 : Türkiye Elektrik Enerjisi Üretim ve Talep Gelişimi			
YIL	Elektrik Enerjisi Üretimi (GWh)	Elektrik Enerjisi Tüketimi (GWh)	Elektrik Enerjisi Açığı (GWh)
1970	8623	8623	-
1971	9781.1	9803.1	22.0
1972	11241.9	11246.9	5.0
1973	12425.2	12615.2	190.0
1974	13477	13727	250
1975	15622.8	15894	271.2
1976	18282.8	18755	472.2
1977	20564.6	21833.8	1269.2
1978	21726.1	23673.1	1947
1979	22521.9	25191.2	2669.3
1980	23275.4	26369.6	3094.2
1981	24672.8	27944.9	3272.1
1982	26551.5	29407.9	2856.4
1983	27346.8	30902.1	3555.3
1984	30613.5	33266.5	2653
1985	34218.9	39361.3	5142.4
1986	39694.8	40471.4	776.6
1987	44352.9	44925.0	572.1
1988	48048.8	48430	381.2
1989	52043.2	52601.7	558.5
1990	57543.0	57718.5	175.5
1991	60246.3	61005.7	759.4
1992	67342.2	67531	188.8
1993	73807.5	74020.4	212.9



Birim elektrik enerjisi ile GSMH'daki artışı bulabilmek için, GSMH'nın Amerikan Doları cinsinden değeri, o yıl içinde tüketilen elektrik enerjisi değerine bölünmüştür. Elektrik enerjisi açığının olduğu yılları düşündüğümüzde bu değer bize üretilmeyen birim elektrik enerjisinin GSMH'da yapacağı azalmayı; yani üretilmeyen elektrik enerjisinin ülkemiz açısından birim kayıp maliyetini verecektir. Bu değer yıllara göre değişimi Tablo.4'te verilmiştir (3). Bu Tablodan görüleceği gibi, ülkemiz gibi gelişmekte olan ülkeler açısından, üretilmeyen enerji en pahalı enerjidir. Elektrik Çarpanı olarak adlandırılan bu değer diğer bir yorum da elektrik enerjisinin verimli kullanımı ile ilgilidir. Bu değer ne kadar büyük olursa, elektrik enerjisi o derece verimli kullanılmaktadır; yani birim enerji kullanımı ile GSMH'ya yapılan katkı o derece artmış olmaktadır.

bakınız: 54

7. SONUÇ

Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretiminde, teknik gelişmeler sağlanarak, çeşitli çözümler bulunabilir; ancak en büyük problem üretilen enerjinin ekonomik olması problemidir. Çevreyi kirletmemesi ve çeşitli faktörlerden bağımsız olması gibi çeşitli faktörler göz önüne alındığında, güneş enerjisi için

ekonomik olma kriterinin tek başına ele alınması yanlış olmaktadır. Aynı zamanda güneş enerjisi kullanımının ekonomik yönü, çeşitli bakış açılarından ele alınmalıdır.

Ulusal kazanç ve makro ekonomik açıdan ele alınınca, enerji sistemindeki açığın bir kısmının bu şekilde kapatılarak ulusal gelire yapacağı katkı tartışılmalıdır. 6. Bölümde de vurguladığımız gibi, Tablo.4'teki rakamların da gösterdiği şekilde en pahalı enerji üretilmeyen enerji olmaktadır. Güneş enerjisinin elektrik enerjisi üretiminde kullanımı ile birincil enerji kaynaklarının aşırı şekilde kullanımı önlenerek ve bu rezervlerden gelecek kuşakların da yararlanması sağlanmış olacaktır. Aynı zamanda güneş enerjisi kullanımı ile petrol ithaline bağımlılık azalacaktır. Bunların yanında en önemlisi, çevreyi kirletmeyen bir enerji olması özelliğiyle, güneş enerjisi kullanımı sayesinde gelecek nesillere daha temiz bir çevre bırakmış olacağız.

KAYNAKÇA :

- 1.) Solar Energy Handbook, Jan F. Kreider, Frank Kreith, Mc Graw Hill Book Comp, 1981
- 2.) Enerji İstatistikleri, Türkiye 6. Enerji Kongresi, 17-22 Ekim 1994, İzmir
- 3.) Türkiye İstatistik Yıllığı, T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, Ankara, 1995
- 4.) Enerji Maliyeti, Prof. Nejat Aybers, Prof. Dr. Bahri Şahin, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 1995
- 5.) Güneş Enerjisi, Prof. Dr. Aksel Öztürk, Doç Dr. Abdurrahman Kılıç, Kipaş Yay., İstanbul, 1983
- 6.) Maps for Average Bright Sunshine Hours in Turkey, E. Taşdemiroğlu, R. Sever. Energy Conversion Management, v31, Britain, pp.545-552, 1991