

İklimlendirme için Güneş Enerjili Ejektörlü Soğutma Sistemi Uygulamasının Termodinamik, Çevresel ve Ekonomik Analizi

Yrd. Doç. Dr. İbrahim ÜÇGÜL[†], Dr. Gökçen AKGÜL**

Süleyman Demirel Üniversitesi, Yenilenebilir Enerji Kaynakları Araştırma ve Uygulama
Merkezi, Batı Yerleşkesi, 32260 Çünür- Isparta

Güneş enerjisinin iklimlendirme süreçlerinde soğutma amaçlı kullanımı bu yüzyılda oldukça cazip bir konu haline gelmiştir. Zira güneş enerjisinin en yoğun olduğu dönemlerinde soğutma ihtiyacı maksimum olmaktadır. Türkiye iklim kuşağı olarak güneş enerjisi açısından en şanslı ülkelerden birisidir. Ülkenin güney kısımları en yoğun güneş enerjisi alan bölgeleridir. Ayrıca bu bölgeler turizmin en yoğun yaşandığı yerlerdir. Bu bölgelerde turistik konaklama tesisleri çok fazla sayıdadır. Bu tesislerde enerji yoğun olarak iklimlendirme sistemlerinde harcanmaktadır. Güneş enerjisini ısı kaynağı olarak kullanan ejektörlü soğutma sistemleri, turistik mekânların iklimlendirilmesinde, özellikle yaz aylarında etkin bir şekilde kullanılabilir. Bu sistemler ısı kaynağı olarak güneş enerjisi kullanıldığından oldukça ekonomiktir. Bu çalışmada, Türkiye’de turistik bir yöre örnek alınarak, güneş enerjili ejektörlü soğutma sistemi için termodinamik, çevresel ve ekonomik analizi yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda güneş enerjili ejektörlü soğutma sisteminin çevresel ve ekonomik olarak en uygun çözümler sunduğu ortaya konmuştur.

Anahtar kelimeler: ejektörlü soğutma, güneş enerjisi, çevre, ekonomi

*[†]Süleyman Demirel Üniversitesi, YEKARUM, E-mail: iucgul@mmf.sdu.edu.tr

*Süleyman Demirel Üniversitesi, YEKARUM, E-mail: gokcenakgul@yahoo.com

Thermodynamical, Environmental and Economical Analyses for Solar Ejector Air-conditioning System

İbrahim ÜÇGÜL[†], Gökçen AKGÜL**

Süleyman Demirel University, Research and Application Center for Renewable Energy
Resources, West Campus, 32260 Çünür- Isparta / TURKEY

The usage of solar energy for air-conditioning is becoming very attractive subject in this century. Maximum cooling is needed at the time of solar energy most intensive. Turkey as a climate for solar energy is one of the most fortunate countries. Southern regions of the country are the regions solar energy effectively comes. Moreover, these regions where tourism is the most intense. Tourist accommodation facilities in these areas are many. In these plants, energy is spent mostly by air conditioning systems. Solar ejector cooling systems can be used for air conditioning effectively especially during summer months. These systems are used solar energy as heat source so very economical. In this study, a tourist region in Turkey as an example, for solar ejector cooling system, thermodynamic, environmental, and economic analysis was conducted. Solar ejector cooling system as the best environmental and economic solutions that have been revealed.

Key words: ejector cooling, solar energy, environment, economy

*[†]Süleyman Demirel University, YEKARUM, E-mail: iucgul@mmf.sdu.edu.tr

*Süleyman Demirel University, YEKARUM, E-mail: gokcenakgul@yahoo.com

1. Giriş

Ejektörlü soğutma sistemleri, buhar sıkıştırılmalı soğutma sistemlerine benzer. Bu sistemlerde kompresör tarafından yapılan sıkıştırma işi jeneratör ve ejektör ikilisi tarafından gerçekleştirilir. Jeneratör buhar üretimi için gerekli enerjiyi ısıl potansiyeli olan herhangi bir yenilenebilir enerji kaynağından alabilir. Ejektörlü soğutma sistemi, jeneratör, ejektör, kondenser ve evaporatörden oluşur. Herhangi bir dış kaynaktan çektiği ısı ile jeneratör, ejektörde kullanılacak buharı üretir. Jeneratörden gelen buharın hızı, ejektörde ses üstü hızlara çıkar ve bununla evaporatörde vakum sağlanır, evaporatör soğur. Ejektörün difüzör kısmından çıkan buhar kondenserde yoğunlaşır. Literatürde ejektörlü sistemlerin çalışması, dizaynı, performansı ve uygulamaları ile ilgili çok sayıda yayın vardır.^{1,2,3,4,5,6,7,8,9} Soğutma-iklimlendirme proseslerindeki soğutma ihtiyacının yenilenebilir enerji (güneş enerjisi, jeotermal enerji, biyokütle enerjisi vs.) kökenli ısı ile karşılanması, ejektörlü soğutma sisteminin bir avantajıdır. Diğer önemli avantajları

- sistemin fosil kökenli enerji tüketmemesi, çevreyi kirletmemesi
- ilk yatırım maliyeti dışında işletme maliyetlerinin çok düşük oluşu
- çevreye hiçbir zararı olmayan suyun sistemde çalışma akışkanı olarak kullanılması
- sistemin tasarımının, üretiminin ve işletmesinin basit oluşu
- 30-200°C sıcaklıkları arasında her türlü ısı kaynağını kullanabilmesi
- atmosfer altı yada üstü basınçlarda çalışabilmesidir

Yukarıdaki özellikleri ile yenilenebilir enerji destekli buhar-jet ejektörlü soğutma sistemi, bugün ve gelecekte en cazip soğutma-iklimlendirme sistemi haline gelecektir. Konuyla ilgili özellikle ejektör tasarımıyla ilgili yayınlar son on yıldır başlamışken, yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan güneş enerjili ejektörlü soğutma sistemleriyle ilgili yayınlara son beş yılda daha sık rastlanmaktadır

Ejektörlü soğutma sistemleri güneş enerjisi gibi bir dış kaynağı ısı kaynağı olarak kullandığından çevresel bakımdan temiz, ekonomik bakımdan da en uygun çözümleri sunar.

Türkiye güneş enerjisi bakımından zengin bir kuşakta yer almaktadır. Özellikle turizmin yoğun olduğu güney bölgelerde iklimlendirme sistemleri için büyük enerji tüketimleri söz konusudur. Bu çalışmadaki analizler için referans bölge olarak Türkiye'nin güneyinde bulunan Antalya ili seçilmiştir. Bu bölge turistik yatırımların en fazla olduğu ve en fazla turist gelen bölgedir. Ülkeye bir sezonda gelen turistlerin yaklaşık 1/3 ü Antalya ya gelmektedir.¹⁰ Antalya da bulunan toplam 924 tesis, 321,863 yatak kapasitesine 2005 yılı verilerine göre 4 aylık yaz sezonunda 7,264,896 adet turist gelmiş ve konaklama yapmıştır.¹¹ Yaz aylarında klimalardan dolayı elektrik kullanımı, 6 Ağustos 2010'da 700 milyon kWh olmuştur.¹² Tüm bu turizm kapasitesi için iklimlendirme gerektiği ve gereken elektriğin ne kadar fazla olduğu göz önüne alındığında sunulan rakamlar, güneş enerjili ejektörlü soğutma konusunun ne denli önemli olabileceğini ortaya koymaktadır. Bu çalışmada, Antalya ili, güneş enerjili ejektörlü soğutma sistemi için güneş enerjisi potansiyeli ortaya konulmuştur. Ejektör soğutma sistemleri tanıtılmış ve termodinamik, çevresel ve ekonomik analizleri verilmiştir. Sonuçlar ejektör soğutma sistemlerinin iklimlendirme uygulanmasının çevresel ve ekonomik açıdan ne denli önemli olduğunu göstermiştir.

2. Türkiye ve Antalya İli Güneş Enerjisi Potansiyeli

Güneş enerjisi, güneşten gelen ve dünya atmosferi dışında şiddeti sabit ve 1370w/m², yeryüzünde ise 0-1100 w/m² değerleri arasında olan yenilenebilir bir enerjidir.¹³ Bu enerji ısıtmadan soğutmaya kadar çeşitli ısıl uygulamalarda ve elektrik enerjisi üretiminde kontrollü bir şekilde kullanılabilir. Güneş enerjisi genel olarak konutlarda, sanayide, tarımda, ısıl enerji uygulamalarında (proses enerjisi) ve elektrik enerjisi üretiminde (PV ve ısıl güç santralleri) kullanılır.

Güneş enerjisinden enerji üretim sistemlerinde, düşük, orta ve yüksek sıcaklık

uygulamaları vardır. Sıcak su(40-90°C) üretimi için düşük sıcaklık uygulamaları kullanılırken, endüstriyel proses ısılarının (100-250°C buhar) karşılanmasında orta sıcaklık uygulamaları (odaklı toplayıcılar) yaygın olarak kullanılır.¹⁴ Güneş enerjisi, direkt olarak güneş enerjili kurutucular (kabin, tünel vs.) şeklinde kullanılabilen gibi indirekt olarak kurutma havasının (düşük ya da yüksek sıcaklıkta) hazırlanması amacıyla değişik tipte toplayıcılarla (düzlem, silindirik parabolik kollektör vb.) kurutma proseslerinde kullanılabilir. Güneş enerjisinin kullanımı ile enerji dış alım artış hızının frenlenmesi, fosil

yakıtlardan kaynaklanan çevre kirliliğinin engellenmesi mümkündür.

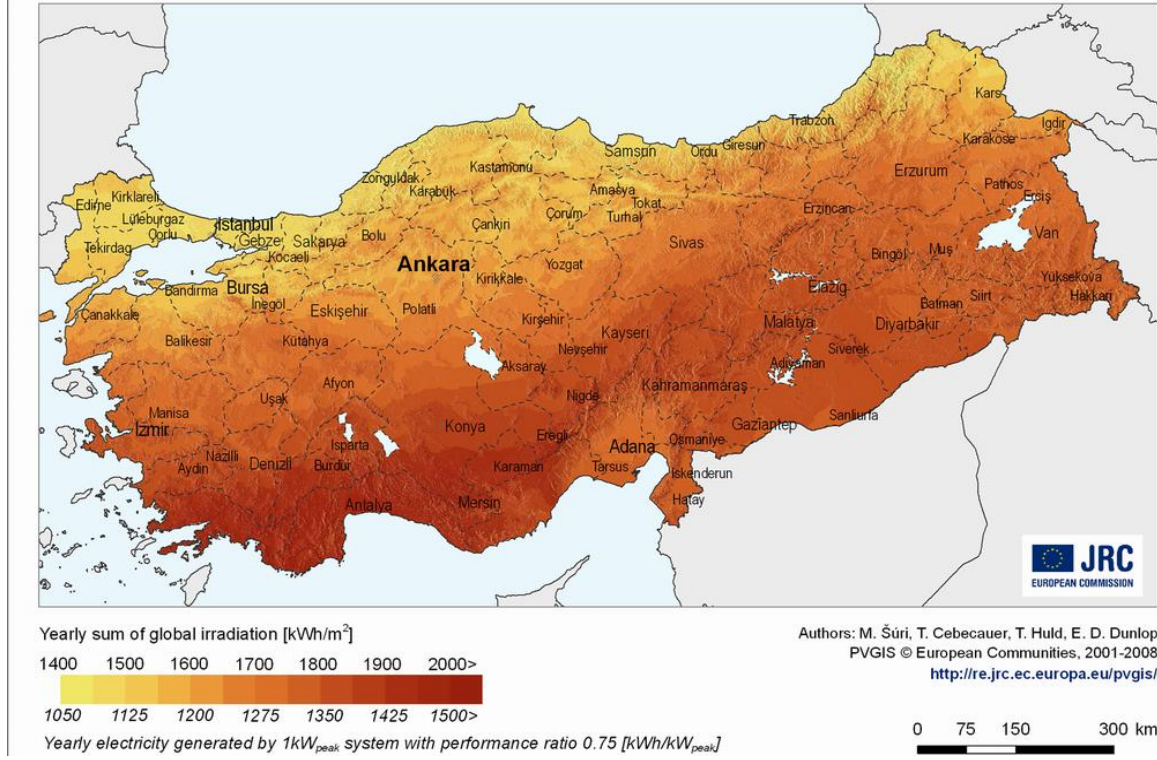
Türkiye coğrafi konumu itibarıyla zengin güneş enerjisi kuşağı içerisinde yer alır ve güneş enerjisi uygulamalarına uygun bir ülkedir. Özellikle Akdeniz bölgesi güneşlenme süresi bakımından ülkemizde ikinci sırada yer almaktadır. Türkiye’de bölgelere göre güneş enerjisi potansiyeli Tablo 1’de, bu çalışmaya konu olan Antalya ili için güneş enerjisi verileri ise Tablo 2’de verilmiştir.¹⁵ Şekil 1 ve Şekil 2’de Tablo 1 ve 2’deki veriler görsel olarak sunulmuştur.

Tablo 1. Türkiye’de bölgelere göre güneş enerjisi potansiyeli.¹⁸

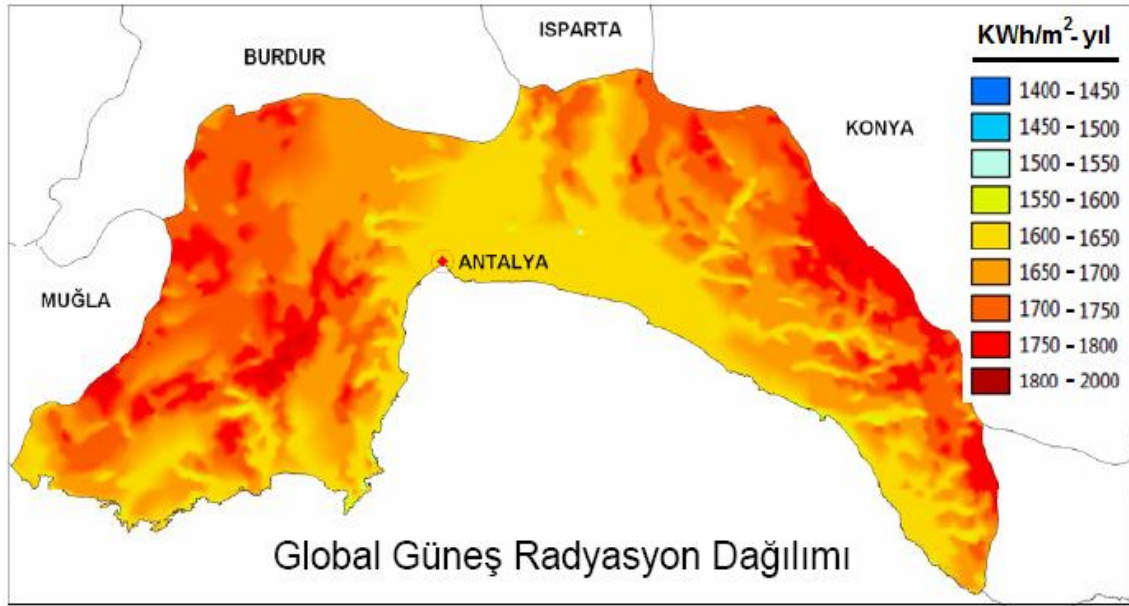
BÖLGE	Güneş Enerjisi Yıllık ort. kWh/m ² .yıl	Güneşlenme Periyodu		
		Yıllık Ort. h/yıl	Maks. h/ay	Min. h/ay
G.Doğu Anadolu	1491.2	3016	407	126
Akdeniz	1452.7	2923	360	101
İç Anadolu	1432.6	2712	381	98
Ege	1406.6	2726	371	96
Doğu Anadolu	1398.4	2693	373	165
Marmara	1144.2	2528	351	87
Karadeniz	1086.3	1966	273	82

Tablo 2. Antalya ili güneş enerjisi potansiyeli¹⁸

Lokasyon(enlem / rakım)	36.5 N / 42 m
Ortalama güneş ışınımı (kWh/m ² .yıl)	1390
Güneşlenme süresi (Saat/yıl)	2956

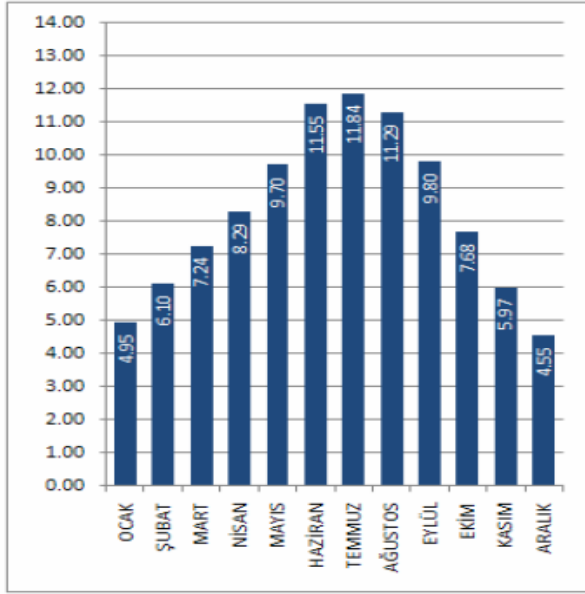


Şekil 1. Türkiye için aydınlanma ve solar elektrik potansiyeli ¹⁶

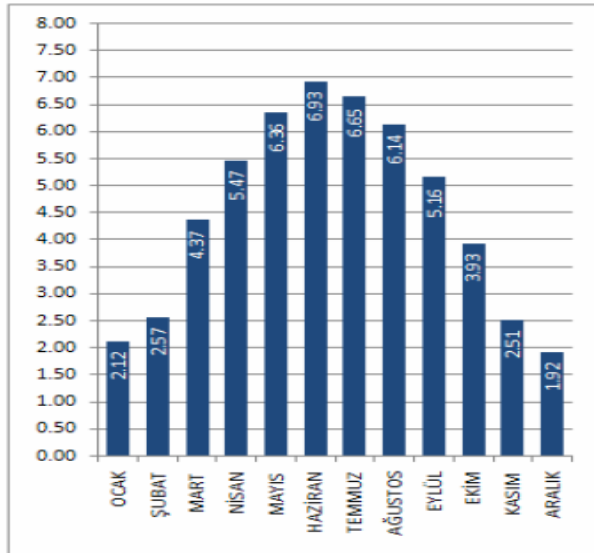


Şekil 2. Antalya için solar elektrik potansiyeli ¹⁷

Şekil 3 ve 4'de ise Antalya ili güneşlenme süresi değerlerinin ve toplam güneş enerjisi radyasyon değerlerinin aylara göre dağılımları verilmiştir.



Şekil 3. Antalya için güneşlenme süresi değerleri (saat)¹⁷



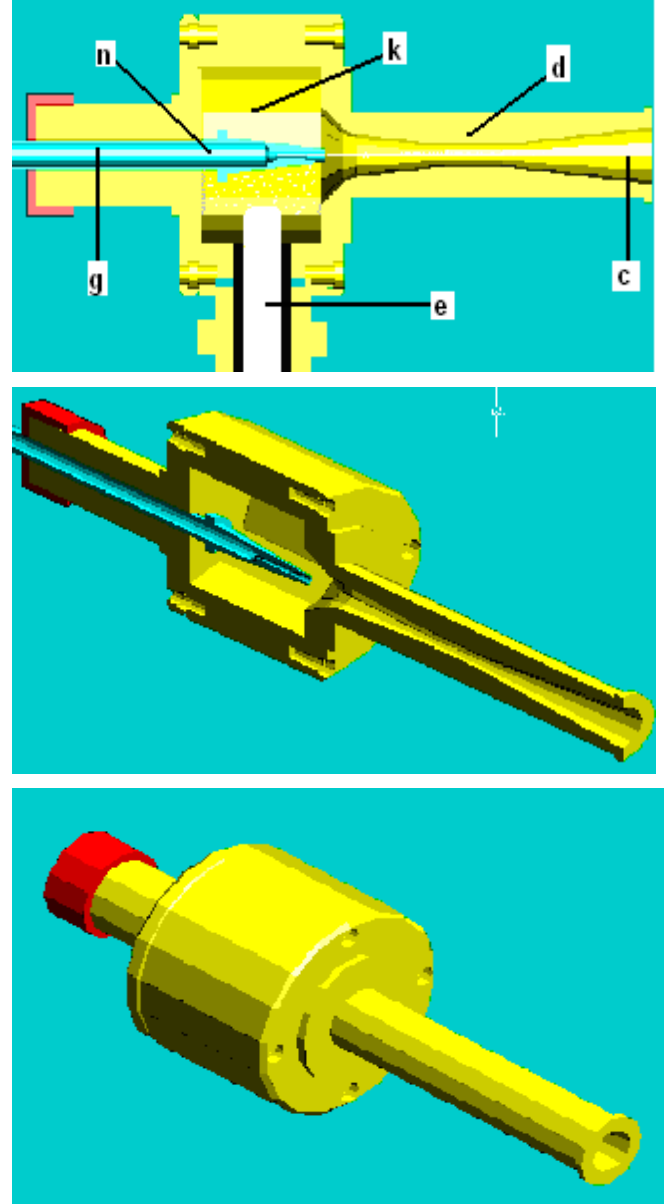
Şekil 4. Antalya için global radyasyon değerleri (KWh/m² gün)¹⁷

Güneş enerjisi sistemlerinde(düşük, orta ve yüksek sıcaklık sistemlerinde) elde edilen ısının her türlü ejektörlü soğutma sisteminin jeneratör ısısının üretiminde kullanılabilme potansiyeli mevcuttur.

3. Ejektörlü soğutma sistemi

Ejektör, buhar ejektörlü soğutma sisteminin en önemli kısmıdır. Şekil 5’de ejektörün kesit görünüşleri verilmiştir. Burada (n); nozul, (k); karışım odası, (d); difüzör, (g), (e) ve (c) ise

sırasıyla ejektörün jeneratör girişini, evaporatör girişini ve kondenser çıkışını göstermektedir.

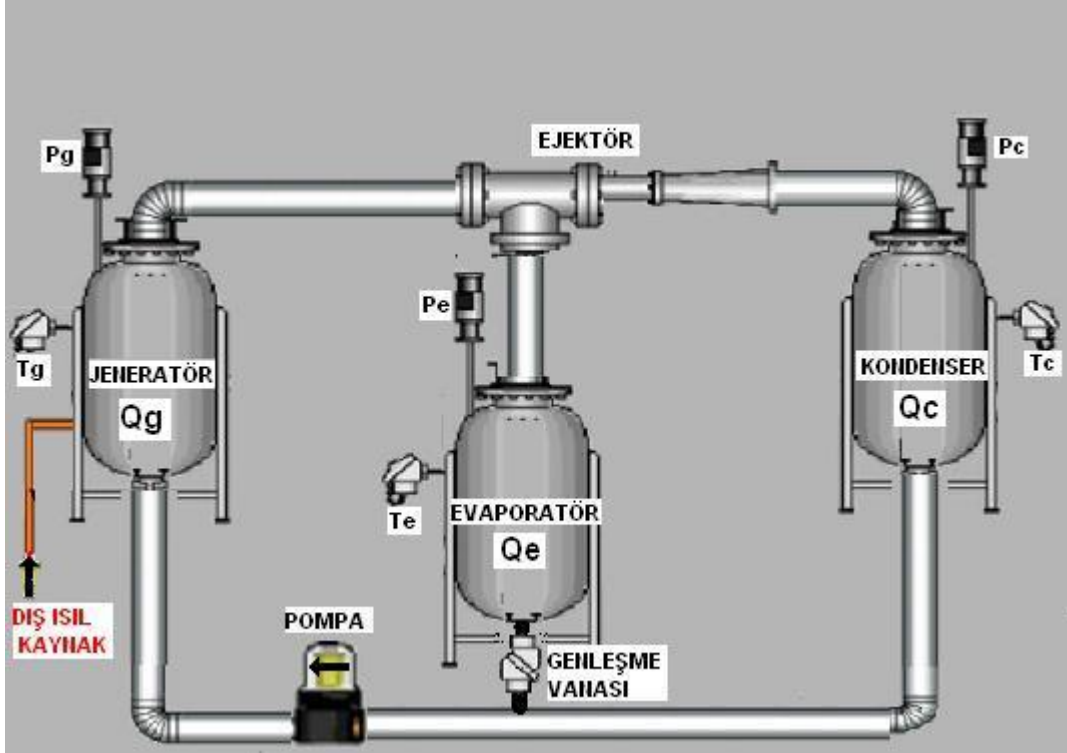


Şekil 5. Ejektör kesit görünüşleri¹⁸.

Ejektör dizaynında ejektör teorisine dayalı yöntemler literatürde mevcuttur.^{19,20,21,22,23,24} Ejektörlü soğutma sistemi, buhar sıkıştırılmalı sisteme benzer. Bu sistemde kompresörün soğutucu akışkanı düşük basınçtan emme ve yüksek basınca sıkıştırma işlemini, sisteme ilave edilen jeneratör ve ejektör ikilisi gerçekleştirir. Şekil 6’da şematik görünüşü verilen bu sistemde herhangi bir kaynaktan alınan ısı jeneratörde bulunan akışkanı buharlaştırır. Jeneratörden çıkan buhar ejektörden yüksek hızla geçerken

evaporatörden ikincil buhar emişini gerçekleştirir. Ejektör karışım bölgesinde karışan akımlar kondenser basıncında ejektörü terk edip kondensere girer. Kondenserde dışarıya ısı vererek yoğuşan akışkan, genişleme vanası üzerinden evaporatöre ve pompa ile de jeneratöre ulaşarak çevrimi tamamlar. Burada

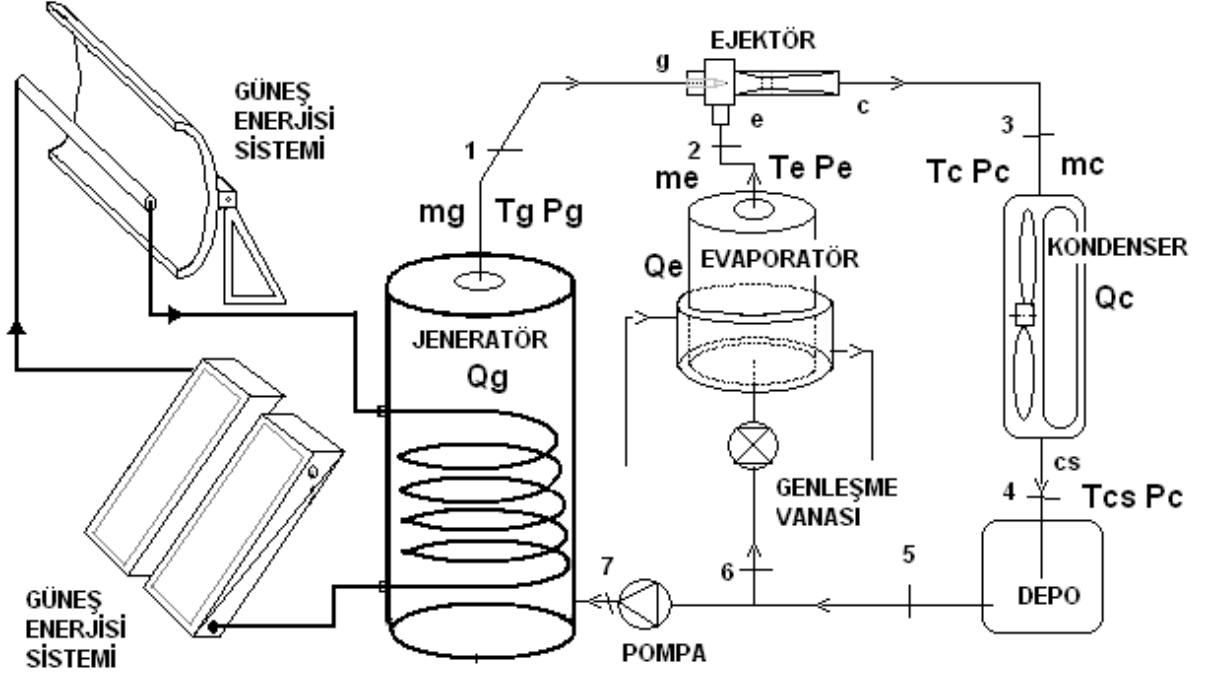
P_g ; jeneratör basıncını, P_c ; kondenser basıncını, P_e ; evaporatör basıncını gösterir. Aynı şekilde T_g , T_c ve T_e ise jeneratör, kondenser ve evaporatör sıcaklıklarını belirtmek için kullanılmıştır. Q (g,c,e) ise sistemin toplam ısı enerjisini gösterir.



Şekil 6. Ejektörlü soğutma sisteminin şematik görünüşü¹⁸

4. Güneş Enerjili Ejektörlü Soğutma Sistemi

Bu sistem genel olarak iki alt sistemden oluşmaktadır. Birincisi güneş kolektöründen meydana gelmiş bir solar ısıtma sistemi ve diğeri de jeneratör, evaporatör, ejektör ve kondensere oluşan ejektörlü soğutma sistemidir. Şekil 7’de bu sistem görülmektedir.


 Şekil 7. Güneş enerjili ejektörlü soğutma sistemi¹⁸

İşletim boyunca güneş kolektör sisteminden çekilen ısı, jeneratörün düşük basınç P_g ve T_g sıcaklığında doymuş buhar üretimine neden olur. Jeneratörde üretilen yüksek hızlı buhar akımı, ejektör içerisindeki nozuldan geçer ve bu da düşük sıcaklıktaki (T_e) evaporatörden buharın yüksek hızlı buhar akımı tarafından emilmesine neden olur. Ejektörün en dar kesitinde basınç düşük olduğu zaman emiş olur. Evaporatörden gelen akım ses hızına ulaşır. Ejektörün karışma odasında, buhar akımı ve evaporatörden emilen akım karışır. Karışmadan sonra akım basıncı, difüzerde P_c basıncına çıkar. Basınç yükselişinden sonra akım, kondensere gider ve ısı çevreye atılır. Kondenserden sonra, akışın bir kısmı jeneratöre gider ve geri kalanı genişleme vanası içerisinde buharlaşma basıncına yükselen evaporatöre gider. Sistemde dolanan kütle akım miktarları \dot{m} ile gösterilmiştir. Sistemin performansını güneş enerjisi alt sistemi ve ejektör soğutma alt sistemi işletme koşulları belirler.

5. Güneş Enerjili Ejektörlü Sistemin Termodinamik Analizi

Kararlı halde sistem bileşenlerinin temel denklemleri aşağıdaki gibidir:¹⁸

Jeneratöre verilmesi gereken ısı (\dot{Q}_g)

$$\dot{Q}_g = \dot{m}_g (h_1 - h_7) \quad (1)$$

h burada entalpiyi belirtmektedir.

Evaporatörden çekilen ısı (\dot{Q}_e)

$$\dot{Q}_e = \dot{m}_e (h_2 - h_5) \quad (2)$$

Kondenserden çevreye atılan ısı (\dot{Q}_c)

$$\dot{Q}_c = \dot{m}_c (h_3 - h_4) \quad (3)$$

Enerji dengesi :

$$\dot{m}_g h_1 + \dot{m}_e h_2 = \dot{m}_c h_3 \quad (4)$$

Kütle dengesi :

$$\dot{m}_c = \dot{m}_g + \dot{m}_e \quad (5)$$

Buhar oranı (G)

$$G = \frac{\dot{m}_e}{\dot{m}_g} = \frac{h_1 - h_3}{h_3 - h_2} \quad (6)$$

Sistemin soğutma performans katsayısı (COP)

$$COP = \frac{\dot{Q}_e}{\dot{Q}_g} = G \frac{(h_2 - h_5)}{(h_1 - h_7)} \quad (7)$$

dir. Akışkan olarak su kullanan güneş enerjili ejektörlü soğutma sistemi için COP, 0.5-1.2 arasında alınabilir. Bu çalışmadaki analizlerde COP, 0.5 alınmıştır.

6. Güneş Enerjili Ejektörlü Sistemin Çevresel ve Ekonomik Analizi

Elektrik üreten santrallerde fosil, nükleer ve yenilenebilir kaynaklar kullanılmaktadır. Her

santralden kaynaklanan sera gazı salınımı, kullanılan kaynağa, kaynağın ısı gücüne, verimliliğine ve kullanılan teknolojiye göre farklılık gösterdiği için, her ülkenin elektrik tüketiminden kaynaklanan sera gazı salınımları kendine özgü bir değer ifade etmektedir. Türkiye’de elektrik üretiminden kaynaklanan sera gazı salınımlarına ait hesaplama Tablo 3’de verilmiştir.²⁵

Tablo 3. Fuel yakıtların CO₂ salınım miktarları²⁵

Yakıt Kaynağı	Salınım faktörü kg CO ₂ / kWh	2003 yılı üretim % olarak	2003 yılı elektrik üretiminden kaynaklanan sera gazı salınımı
Taş kömürü	0.97–0.98	6%	0,52kg CO ₂ / kWh
Linyit	0.98–1.14	17%	
Fuel oil	0.85–0.91	7%	
Doğalgaz	0.46–0.56	45%	
Su	~0	25%	
Diğer	~0	0%	

Bu tablodan Türkiye elektrik üretiminin yaklaşık %75 inin fosil kökenli kaynaklardan karşılandığı görülmektedir. Çevresel analiz, literatürde verilen bu değerlere göre birim kWh elektrik üretimi için atmosfere salınan CO₂ miktarlarının hesaplanması esasına göre yapılmıştır. Buna göre yaklaşık % 30 çevrim verimi de dikkate alındığında 1 kWh elektrik enerjisi üretmek için yaklaşık 2265 kWh eşdeğer fosil kökenli yakıt tüketilmektedir. 1 kWh eşdeğer fosil kökenli yakıttan atmosfere 0.52 kg CO₂ salınımı olmaktadır. Buna göre Türkiye şartlarında üretilen ve soğutma için harcanan her bir kWh elektrik için 1.779 kg CO₂ atmosfere salınmaktadır. Bu bilgiler ışığında Antalya’da turizm sezonu için soğutmaya harcanan elektrik sebebiyle indirekt olarak atmosfere 3565907.28 kg CO₂ salınmaktadır.

Ekonomik analiz Ekonomik analiz “bir değere getirilmiş maliyet“(levelized cost) metoduna göre ve yatırım ve işletme maliyetleri esas alınarak yapılmıştır. Hesaplamalara temel olacak veriler Antalya için alınmıştır (Tablo 4).

Tablo 4. Antalya için turizm verileri¹⁰¹¹

Turizm merkezi sayısı	21
Turistik tesis sayısı	924
Oda sayısı	149864
Yatak sayısı	321863
Gelen turist sayısı	7264896

Bu metoda göre bir değere getirilmiş maliyet düzeltme faktörü

$$k = \frac{1 + r_n}{1 + i_{eff}} \quad (8)$$

Anapara geri dönüşüm faktörü (CRF)

$$CRF = \frac{i_{eff} (1 + i_{eff})^n}{(1 + i_{eff})^n - 1} \quad (9)$$

Eskalasyon faktörü (CELF)

$$CELF = \frac{k(1 - k^n)}{1 - k} CRF \quad (10)$$

Bir değere getirilme faktörü (A)

$$A = \frac{CELF}{I - r_i} \quad (11)$$

Bir değere getirilmiş yatırım bedelleri (\dot{Z}_{CI}), bir değere getirilmiş işletme-bakım bedelleri (\dot{Z}_{OM}) ve bunların toplamlarından oluşan bir değere getirilmiş bedeller (\dot{Z})

$$\dot{Z} = \dot{Z}_{CI} + \dot{Z}_{OM} \quad (12)$$

$$\dot{Z} = \left[\frac{\dot{C}_{CI}}{n \times h} + \frac{\dot{C}_{OM}}{h} \right] A \quad (13)$$

Birim tüketilen enerji, 1 kWh'lık soğutma için maliyet (özellik enerji maliyeti) (ζ_i) aşağıdaki gibi hesaplanır

$$\zeta_i = \frac{Z}{E_h} \quad (14)$$

Yukarıdaki formüllerde kullanılan birimlerin açıklamaları aşağıdaki gibidir.

r_n : nominal eskalasyon oranı

i_{eff} : etkin geri ödeme oranı

r_i : faiz oranı

j : komponent sayısı

\dot{C}_{CI} : yatırım maliyet masrafı

\dot{C}_{OM} : işletme bakım masrafları

n : sistemin ekonomik sürdürülebilir süresi (yıl)

h : yıllık işletme süresi (saat/yıl)

Bir değere getirme metodu için $n=15$ yıl, $r_i=2\%$, $r_n=3\%$, $i_{eff}=4\%$, $h=2400$ saat değerleri kullanıldığında $A=1.2714$ olarak bulunur. Ekonomik değerlendirmede, birim fiyatlar

serbest piyasadan ve bayındırlık bakanlığı birim fiyat endeksinden alınmıştır. Bu verilere göre, güneş enerjili ejektörlü soğutma sisteminin tesis yatırım birim maliyeti 1,100 Euro/kWh. olarak belirlenmiştir. Güneş enerjili ejektör soğutmalı iklimlendirme sisteminin yıllık işletme ve bakım masrafları yıllık 9033.6 Euro (turizm sezonu için) hesaplanmıştır. Mevcut klima sisteminin aynı sezonda yıllık işletme ve bakım masrafları ise 424032 Euro olarak hesaplanmıştır. İşletme masrafları olarak elektrik tüketim maliyetleri ve bakım ücretleri dikkate alınmıştır. Diğer masraflar (vergi, sigorta vs.) her iki sistem için de aynı olduğundan karşılaştırma hesabında dikkate alınmamıştır. Analiz hesaplarında mevcut iklimlendirme tesisleri zaten kurulu olduğundan bunlar için ilk yatırım payları da karşılaştırmadan dikkate alınmamıştır. Güneş ejektör soğutma sistemli klima tesisleri için işletme bakım masraflarına ilave olarak ilk yatırım maliyetleri de hesaba katılmıştır. Buna göre bir değere getirme metoduna göre elde edilen saatlik maliyetler ejektörlü sistem için $Z_{es} = 37.6242$ Euro/h ve mevcut buhar sıkıştırırmalı sistem için $Z_{vcs} = 209.563$ Euro/h bulunmuştur.

7. Sonuç ve Tartışma

İklimlendirme, özellikle sıcak iklim bölgeleri için vazgeçilmez bir prosestir. Büyük iklimlendirme tesislerinde havalandırma ve soğutma aynı proses içerisinde yer alır. Soğutma prosesinde genellikle herhangi bir soğutucu akışkan kullanan buhar sıkıştırırmalı soğutma çevrimi kullanılır. Bu çevrimde enerji buharı sıkıştırmak için kompresörde elektrik enerjisi olarak harcanır. Soğutma çevrimlerinin kullandıkları soğutucu akışkan dışında çevresel etkisi yok kabul edilmiştir. Hatta kullanılan akışkanlara uluslararası anlaşmalarla kısıtlamalar getirilerek soruna çözüm üretilebileceği düşünülmüştür. Ancak soğutma çevrimi içerisinde yer alan kompresörün tükettiği elektrik enerjisi, esas bakımından değerlendirilmemiştir. Kullanılan elektrik enerjisi esas bakımından da incelenip çevresel etki hesaba katıldığında durumun hiç de sanıldığı gibi olmadığı ortaya konmuştur.

Hesaplarla ortaya konan gerçek şudur: Dünya ölçeğine göre çok küçük sayılabilecek bir bölgede klasik soğutma sistemi içeren iklimlendirme tesisleri de dolaylı olarak sadece

bir yaz sezonunda atmosfere 3.6 milyon kg CO₂ salınımına sebep olmaktadır. Bu durum dünya ölçeğinde tüm iklimlendirme tesisleri düşünüldüğünde çevresel etki daha da korkunç bir hal alacaktır. Güneş enerjisi gibi herhangi bir yenilenebilir enerji kaynağını kullanan ejektör soğutmalı iklimlendirme tesislerine kademeli olarak bile geçilse dünya için büyük bir umut olacaktır. Yapılan ekonomik analize göre bu sistemlerin ilk yatırım masrafları fazla bile olsa, sistemin kendini kısa sürede amorti ettiği görülmüştür. İşletme maliyetleri bakımından değerlendirme yapıldığında ise ejektörlü sistemin geleneksel sisteme göre 2.2 kat ekonomik olduğu ortaya konmuştur.

Yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının dezavantajları olarak genellikle düşük enerji yoğunlukları, düşük dönüşüm verimleri ve yüksek ilk yatırım maliyetleri sayılır. Bundan dolayı herhangi bir mühendislik çözümde yenilenebilir enerji kaynaklarına yönetim göz ardı edilir. Ancak bu çalışmada çevresel etki ve ekonomik koşullar (ekonomik ömür boyunca işletme maliyetleri) düşünüldüğünde en iyi mühendislik çözümlerin yenilenebilir enerji kullanan sistem uygulamaları olduğu ortaya konmuştur.

Dünya ve ekolojik çevre geçmişten devraldığımız ve gelecek kuşaklara devredeceğimiz bir insanlık mirasıdır. Çevre problemlerinin çözümünde sorumluluk teknolojileri planlayan, üreten ve kullanan herkese düşmektedir. Enerji kaynaklarının hızla tükenmesi, çevre kirliliği ve sorunlarının hızla artması tüm insanlığın sorunudur. Bu sorunların çözümünde kaçınılmaz olarak yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim vardır. Endüstrinin her dalında olduğu gibi soğutma ve iklimlendirme uygulamalarında da yenilenebilir enerji kaynakları kullanılmalıdır. Çevresel ve ekonomik parametreler düşünüldüğünde en etkin çözümün önerilen sistemler olduğu sayısal olarak ortaya konmuştur. Geleneksel sistemlerde kişi başı 1 kwh enerji eşdeğerinde soğuk üretimi için atmosfere 3.6 milyon kg/CO₂ sera gazı emisyonu olduğu ve ekonomik olarak değerlendirme yapıldığında 1 kwh enerji eşdeğerinde soğutma etkisi (CE) için özgül enerji maliyetleri karşılaştırılırsa: ejektör soğutmalı iklimlendirme tesisi için 0.040 Euro/kwh_{CE} harcanırken geleneksel iklimlendirme tesisi için 0.180 Euro/kwh_{CE}

harcanmakta olduğu ortaya konmuştur. Sunulan çalışma tüm proses tasarım ve değerlendirme çalışmalarına yeniden bir yön verecektir. Herhangi bir prosese karar verilirken enerjetik parametreler yanı sıra çevresel ve ekonomik parametrelerin de çok önemli olduğu sayısal olarak ortaya konmuştur.

8. Kaynakça

- (1) Aphornratana, S., Eames I.W. A Small Capacity Steam-ejector Refrigerator: Experimental Investigation of a System Using Ejector with Movable Primary Nozzle. *Int.J.Refring*, 20(5), **1997**, 352-358
- (2) Arbel A., Sokolov M. Revisiting Solar-powered Ejector Ai- conditioner. The Greener the Better. *Solar Energy*, 77, **2004**, 57-66
- (3) El-Dessouky, H., Ettouney, H., Aladiqi, I., Al-Nuwaibit, G. Evaluation of Steam Jet Ejectors. *Chemical Eng. and Processing*, 41, **2002**, 551-561
- (4) Khattab, N. M., Barakat, M. H., Modeling the Design and Performance Characteristics of Solar Steam-jet Cooling for Comfort Air- conditioning. *Solar Energy*, 73(4), **2002**, 257-267
- (5) Pridasawas, W., Lundqvist, P. An Exergy Analysis of a Solar-driven Ejector Refrigeration System. *Solar Energy*, 76, **2004**, 369-379
- (6) Selbaş, R., Üçgül, İ., Şencan A., Kızılkcan Ö. Güneş Enerjisi Destekli Buhar-Jet Soğutma Sisteminin İklimlendirmede Uygulanabilirliğinin Araştırılması. *Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi-Mersin*, **20-21 Haziran 2003**, 43-49
- (7) Sherif, S. A., Goswami, D. Y., Mathur, G. D., Iyer, S. V., Davanager, B. S., Natarajan, S., Colacino, F. A Feasibility Study of Steam-jet Refrigeration. *Int. J. of En. Res.*, 22, **1998**, 1323-1336
- (8) Sun, D.W. Solar Powered Combined Ejector Vapor Compression Cycle for Air-conditioning and Refrigeration. *Energy converts-Mgmt.*, 38(5), **1977**, 479-491
- (9) Sun, D.W. Comparative Study of the Performance of an Ejector Refrigeration Cycle Operating with Various Refrigerating. *Energy converts-Mgmt.*, 40, **1999**, 873-884
- (10) Türkiye İstatistik Kurumu, Turizm İstatistikleri: Giriş-Çıkış Yapan Ziyaretçiler. **2009** raporu
- (11) T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, Antalya İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü (ALTİD), **2005**
- (12) Akdeniz Elektrik Dağıtım A.Ş. İl Müdürlüğü, Elektrik piyasası ve Müşteri Hizmetleri İl Müdürlüğü
- (13) Nasa Uydu Bilgisi
- (14) Üçgül, İ., Koyun T. Silindirik Yansıtıcı İki Yüzeyle Kollektörler ile Düz Yüzeyle Kollektörlerin I. ve II. Yasa Verimliliklerinin İrdelenmesi. *Mühendis ve Makina (TMMOB- MMO)*, 530, Mart **2004**, 18-24
- (15) Uçgul, I. The Usage Potentials of the Heat Which is Obtained from Renewable Energy Sources in the Processes of Cooling and Air-conditioning. *Project Report, Tubitak through Grant no: 104M375*, July **2006**
- (16) JRC European Comission Photovoltaic Geographical Information System. <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>
- (17) Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA) <http://repa.eie.gov.tr/MyCalculator/pages/7.aspx>

(18) Üçgül, İ. Soğuk Depolama için Güneş Enerjili Ejektör Soğutma Sistemi Uygulamasının Termodinamik, Çevresel ve Ekonomik Analizleri. *Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 15(2), **2009**, 269-277

(19) Alexis, G.K., Karayiannis, E.K. A Solar Ejector Cooling System Using Refrigerant R134 in the Athens Area. *Renewable Energy*, 30, **2005**, 1457-1469

(20) Rogdakis, E.D., Alexis, G.K. Design and Parametric Investigation of an Ejector in an Air-conditioning System. *Applied Thermal Engineering*, 20, **2003**, 213-226

(21) Chunnanond, K., Aphornratana, S. Ejectors: Applications in Refrigeration Technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 8, **2004**, 129-155

(22) Selvaraju, A., Mani, A. Analysis of an Ejector with Environmentally Friendly Refrigerants. *Applied Thermal Engineering*, 24, **2004**, 827- 838

(23) Li, C.H., Wang, R.Z., Lu, Y.Z. Investigation of a Novel Combined Cycle of Solar Powered Adsorption-Ejection Refrigeration System. *Renewable Energy*, 26, **2001**, 611-622

(24) Amer Society of Heating. Ashrae Refrigerants. In ASHRAE Equipment Handbook. Chapter 13, **1983**

(25) UNDP, GEF Support Program (SPG). The local solutions for global climate changes and SPG approach, Turkey Technology Development Foundation, ART Introduction LTD.Company, **2006**, pp. 8-12