

Güneş Kollektörü Uygulamaları ile İlgili Ekonomik Analizler

Levent ÇOLAK*

Ali DURMAZ**

Özet

Turistik Oteller, hastaneler ve birçok endüstriyel sanayi tesisi için buhar üretimi ve soğutma önemli bir ihtiyaçtır. Günümüzde özellikle turizm sektörünün ihtiyacı olan buhar, genelde doğalgazın bulunmadığı yörelerde, yüksek maliyetli sıvı yakıt, LPG veya elektrik enerjisi ile üretilmektedir. Buhar sıkıştırılmalı merkezi soğutma uygulamalarında ise elektrik tüketimi yoğun olan kompresörler kullanılmaktadır. Yeni geliştirilmiş güneş kolektörü destekli sistemler ile buhar üretimi son derece ekonomik bir durum arz etmektedir. Kış aylarında ısıtmada kullanımının yanı sıra, yaz aylarında da alışılmış buhar sıkıştırılmalı soğutma sistemlerinin kullanımı yerine, buhar girdili soğurmalı soğutma gruplarının kullanılması, güneş kolektörlerini binaların yıl boyunca soğutma, ısıtma, pişirme ve sıcak su ihtiyaçlarının yüksek yük faktörü ile karşılanmasını olanaklı kılmaktadır. Güneş kolektörlerinde birim enerji yakıt payının olmaması nedeniyle enerji maliyeti doğrudan kolektörün yatırım maliyetine, dolayısıyla amortisman giderine bağlıdır. Amortisman giderini ise en başta yıllık ortalama kolektör yük faktörü belirler. Yıllık ortalama yük faktörü yerel koşullara bağlı olarak, düzlemsel kolektörlerde en düşük, güneş takipli çizgisel odaklamalı kolektörlerde ise çok daha yüksektir. Bu nedenle gelişmiş kolektör destekli alışılmış enerji sistemleri yıl boyunca proses, ısıtma ve soğutma yükleri bulunan tekstil ve benzeri endüstriyel tesisler için enerji ve çevre ekonomisi yönünden uygun bir çözüm oluşturmaktadır.

Bu çalışmada güneş kolektörü uygulamalarının ekonomik analizleri incelenmiştir. Analizlerde doğrusal amortisman yöntemi uygulanarak, sürekli yük koşulları ve yüksek verimli kolektör özellikleri dikkate alınarak, iyileştirilen yıllık ortalama yük faktörünün sistem uygulaması ekonomisine etkisi irdelenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Güneş enerjisi, güneş kolektörü, ekonomik analiz, yük faktörü

1. GİRİŞ

Güneş ışınma enerjisi dünyanın ekolojik dengesinin sürekliliğini sağlayan güneşsel ısı, fotosentez, hidrolik, rüzgar, dalga, biyokütle vb. yenilenebilen tüm temiz enerji türlerini oluşturur. Güneş ışınma enerjisi gece gündüz nedeniyle kesikli, ışın açısız ve atmosferik koşullar nedeniyle de çok düşük ekserjilidir. Bu

nedenle güneş enerjisi doğal biçimiyle, fosil yakıtlar esas alınarak geliştirilen günümüz enerji dönüşüm teknolojilerinde, sınırlı düz kolektör uygulamaları dışında yaygın olarak kullanılamamaktadır. Güneş ışınma enerjisinin ekonomik sektörlerde yaygın biçimde kullanılabilir hale getirilebilmesi için, yüksek sıcaklıklarda iş akışkanı üretebilen yoğunlaştırıcı tür gü

* Öğr. Gör., Başkent Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü .

** Prof. Dr., Gazi Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Enerji Anabilim Dalı

sıcaklık uygulamalarında (100-300 °C) çizgisel odak lamalı güneşi doğu-batı yönünde tek eksende takip eden ışın yoğunlaştırıcı sistemler, noktasal odaklamalı sistemlere kıyasla daha ekonomik olmaktadır. Bu nedenle ticari yönden pazarlanabilir ve sürekli kullanılabilir, yüksek verimli, hafif, düşük yatırım maliyetli yoğunlaştırıcı güneş kolektörlerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Sistem geliştirme işleminin de neme yanılmaya dayanan uzun erimli, zahmetli ve pahalı deneysel incelemelerle yapılması, pratik ve ekonomik olmamaktadır. Bu nedenle, sistem geliştirilmesinde daha etkin ve ucuz bir yaklaşım olan, sistemin matematiksel modelinin türetilmesi ve bilgisayar simülasyonlarıyla elde edilen veriler yardımıyla en uygun tasarım verilerinin belirlenmesi metodu, öne çıkmaktadır.

Güneş enerjisinin, yüksek ekserjili ısı gerektiren, ekonomik sektörel (konut, endüstri, ulaşım, tarım, enerji çevrim) uygulamalarında yoğun biçimde kullanımı; ancak yüksek ekserjili güneşsel ısı üreten odaklamalı yoğunlaştırıcı güneş kolektörlerinin geliştirilebilmesi ve ekonomik yönden uygun bir seri üretimin gerçekleştirilebilmesine bağlıdır. Burada diğer önemli bir konu ise, gündüz saatlerinde kullanılmayan fazla güneşsel ısı enerjisinin teknik ve ekonomik yönden uygun biçimde depolanmasıdır. Depolanan güneşsel fazla ısı enerjisi ile, bir yandan gündüzleri güneş enerjisinin kesikli olmasından kaynaklanan yük değişimleri dengelenirken, bir yandan da depolanan bu fazla enerjinin gece saatlerinde kullanımını sağlanarak, geceleri de istenilen kapasitede sürekli güneşsel ısı akışı sağlanabilir. Güneşsel ısı enerjisinin depolanması ile ilgili teknik ve ekonomik yönden uygun enerji depolama teknolojileri geliştirilip, uygulamaya konulana kadar geçecek sürede, doğalgaz ve LPG uygun bir destek ve ikame yakıtı (enerji kaynağı) olarak ortaya çıkmaktadır.

Noktasal odaklı içbükey yoğunlaştırıcı güneş kolektörlerinde (heliostat), endüstriyel proses ısısının ürettiği odak noktasının (güneş fırınları) sıcaklığı, çizgisel odaklamalı kolektörlere kıyasla çok daha yüksektir. Noktasal odaklama alanının küçüklüğü (küçük

leştirilen proses ısı kapasiteler küçüktür. Endüstriyel yüksek ergime sıcaklıklarının sağlanabilmesi için bu sistemlerin güneşi iki eksende (doğu-batı ve kuzey-güney) takip etmeleri gerekir. Bu nedenle noktasal odaklı güneş kolektörlerinin özgül yatırım maliyetleri çizgisel odaklamalılarına oranla çok daha yüksektir.

Ekonomik sektörlere yönelik, orta ve yüksek sıcaklıklarda (100-300°C) ve debilerde iş akışkanı üretmek için en uygun güneş kolektörü türü, üretim ve işletmedeki basitliği, büyük çizgisel odaklama hacmi, kolektörlerin yan yana eklenmesi yolu ile ısı kapasite artırma özelliği, tek eksende (doğu-batı) güneş takibinin yeterli olması vb. nedenlerden dolayı parabolik oluk tipi güneş kolektörüdür.

Bu tip kolektörler ile elde edilen ısı, sadece soğutma ve ısıtma uygulamalarında değil, proses buhar üretimi ve sıcak su temini için de kullanılabilir. Böylece kullanılan sistemin birçok uygulamada kullanılmasıyla, işletme giderleri azalır ve amortisman süresi kısaltılarak sistemin ekonomik uygulanabilirliği artırılabilir.

2. EKONOMİK ANALİZLER

Enerji mühendisliği uygulamalarında ekonomik analizlerin başlıca amacı, herhangi bir enerji dönüşüm sistemi tasarımında, sistemin işletme ömrü boyunca sağlayacağı karın maksimum olacağı bir sistem yapısının oluşturulmasıdır. Bunun için sistemde oluşan tüm maliyet kalemleri, birim enerji ürünü (ısı, elektrik) başına belirlenerek, birim enerji toplam üretim maliyetinin (CT [TL/kWh]) bulunması, satış fiyatı çıkarılarak, birim ürün başına düşen karın hesaplanmasıdır [1].

$$C_T = C_Y + \sum_{i=1}^n \frac{C_{Diger_i}}{(1+r)^i} = C_Y + C_{Amort.} \quad (1)$$

Bu eşitlikte C_{Diger}, yakıt ve amortisman giderleri dışındaki bakım, personel, revizyon vb. kalemler olup, toplam maliyet içindeki değeri büyük sistemlerde çok küçüktür. Bu nedenle ekonomik analizler yalnız yakıt ve amortisman giderleri esas alınarak yapılabilir.

$$C_T = C_Y + C_{Amort.} \quad (2)$$

Burada birim kWh enerji (ısı, mekanik, elektrik enerjisi) üretimi başına yakıt gideri, C_Y, aşağıdaki şekil de hesaplanabilir.

Burada C_Y'nin azaltılması, uygun fiyatlarda, yüksek ısı değerinde vakit temini ve yüksek enerji dönüşüm

ca, tesis kredi alınan kurumun ipoteğindedir. Şirketin finansal durumuna göre amortisman yöntemlerinden biri seçilerek amortisman analizleri yapılır. Amortisman yöntemleri aşağıda sıralanmıştır (Bkz. Şekil 1).

$$C_Y = \frac{G_Y \frac{TL - Y}{a} + g_Y \frac{TL - Y}{kg - Y} \cdot M_Y \frac{kg - Y}{h} \cdot F_Y [-] \cdot 8760 \frac{h}{a}}{Q_Y \frac{kWh}{a} + H_u \frac{kWh}{kg - Y} \cdot M_Y \frac{kg - Y}{h} \cdot F_Y [-] \cdot 8760 \frac{h}{a} \cdot h_K \frac{kWh_t}{kWh_Y}} \quad (3)$$

$$C_Y = \frac{g_Y \frac{TL - Y}{kg - Y}}{H_u \frac{kWh}{kg - Y} \cdot h_K \frac{kWh_t}{kWh_Y}} \quad (4)$$

verimli sistem tasarım ve uygun işletme ile sağlanır.

Burada;

$$g_Y \frac{TL - Y}{kg - Y} : \text{Yıllık ortalama özgül yakıt gideri,}$$

$$\text{değeri, } H_u \frac{kWh}{kg - Y} : \text{Yıllık ortalama özgül yakıt alt ısı}$$

$$\text{trik) } h_K \frac{kWh_t}{kWh_Y} : \text{Yıllık ortalama enerji (ısı, elek} - \text{trik) üreteç net verimi,}$$

$F_Y [-]$: Enerji üreteç yıllık ortalama yük faktörü,

$$M_Y \frac{kg}{h} : \text{Saatlik ortalama yakıt tüketimidir.}$$

Bir enerji dönüşüm sisteminde enerji ekonomisi bağlamında önemli olan sistem ile ilgili ömürler ve amortisman biçimleri Şekil 1'de gösterilmiştir.

Amortisman ömrü (n_{Amort}), sisteme yapılan yatırımın geri dönüş süresidir. Amortisman süresi boyunca

1. Doğrusal amortisman yöntemi (geri ödeme her yıl sabittir).
2. Yavaşlatılmış amortisman yöntemi (geri ödeme ilk yıllarda az, sonlara doğru artar).
3. Hızlandırılmış amortisman yöntemi (geri ödeme ilk yıllarda fazla sonlara doğru azalır).

(4)

Ekonomik ömür (n_{Ekon}), sistemin verimli ve ekonomik yönden uygun olarak işletildiği

ömrü olup, olabildiğince uygun işletme koşulları ve rehabilitasyon uygulamalarıyla uzatılmalıdır. Fiziksel ömür (n_{Fiz}), ise sistemin işletmeden çıkarılıp hurdaya ayrıldığı süredir. Sistem, ekonomik ve fiziksel ömrü arasında, geçici süreler ve özellikle tepe yüklerde destek sistemi olarak işletilebilir.

Yatırım aşamasında, ekonomik yönden en uygun yatırım seçeneğinin belirlenmesinde, her bir seçenek için işletme ömrü boyunca maliyetler ve kar dağılımları hesaplanır (Bkz. Şekil 2). Toplam maliyet ve toplam kar bugünkü değere dönüştürülerek, maliyetin minimum veya karın maksimum olduğu seçenek en uygun yatırım konusunu oluşturur.

Birim ürün amortisman gideri, C_{Amort} aşağıdaki şekilde tanımlanabilir

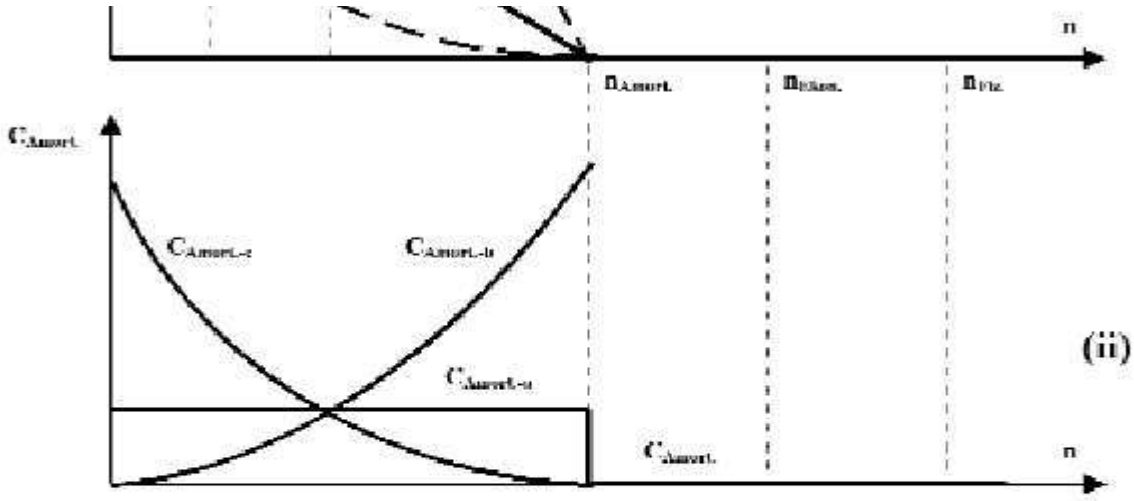
$$C_{Amort} = \frac{TYA \frac{TL - Amort.}{a}}{TYÜ \frac{kWh}{a}} \quad (5)$$

Burada;

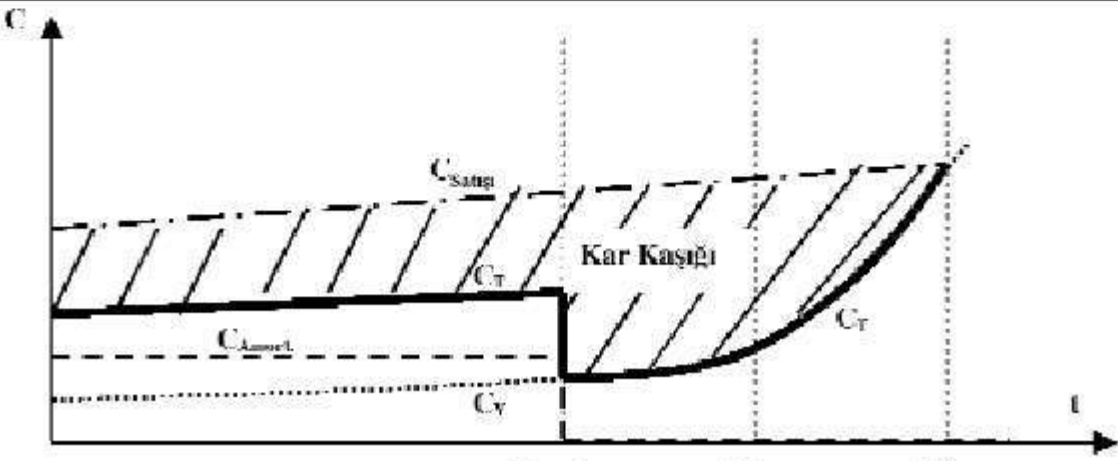
TYA : Toplam yıllık amortisman gideri,
TYÜ : Toplam yıllık üretim miktarıdır.

$$TYA = TY \times YAO \quad (6)$$





Şekil 1. Amortisman yöntemleri (i) ve özgül amortismanların işletme ömrü boyunca değişimi (ii) [2]



Şekil 2. Tüm işletme ömrü boyunca çeşitli maliyetlerin ve karın değişimi (Taralı alan kar kaşığı olarak isimlendirilebilir) [2]

$$TY = P_{KG} [kW] \times \text{ÖY} [TK/kW]$$

Doğrusal amortisman yöntemi için;

$$YAO = \frac{i(i+1)^{n_{Amort.}}}{(i+1)^{n_{Amort.}} - 1}$$

Burada;

(7) TY [TL] : Toplam yatırım bedeli,

YAO : Yıllık amortisman oranı,

P_{KG} [kW] : Sistemin kurulu gücü,

(8) ÖY : Birim kurulu güç özgül yatırım maliyeti,

i [-] : Faiz oranı,

n_{Amort} : Amortisman ömrüdür.

Bu çalışmadaki ekonomik analizlerde doğrusal amortisman yöntemi esas alınmıştır.

$$TYÜ [kWh/a] = P_{KG} [kW] \times F [-] \times 8760 [h/a]$$

(9)

$$C_{Amort} = \frac{P_{KG} \cdot \text{ÖY} \cdot YAO}{P_{KG} \cdot F \cdot 8760}$$

Eş. 10'dan görüldüğü gibi amortisman gideri sistem özgül yatırım maliyeti (ÖY), yıllık amortisman oranı

lamaların teknik ve ekonomik yönden uygunluğunun kanıtlanması gerekir.

Bunun için düz, çizgisel ve noktasal odaklamalı güneş kolektör sistemlerinin uygulamaya yönelik matematik modelleri geliştirilmelidir [1]. Bu sistemlerin günlük ve yıllık güneşsel ısı yükleri (Bkz. Şekil 4) hesaplanmalıdır. Bu ısı yüklerinin ekserjik (iş potansiyeli) bölümü belirlenmeli ve belirlenen ekserjik yükler esas alınarak ömür boyunca gerekli yatırımın (Bkz. Şekil 1) işletme giderleri hesaplanmalı, toplam kar (kar havuzu) bulunmalıdır (Bkz. Şekil 2). Toplam karların karşılaştırılması ile güneş kolektör sistem türlerinin dernek uygulanabilirliği ve uygulama alanları

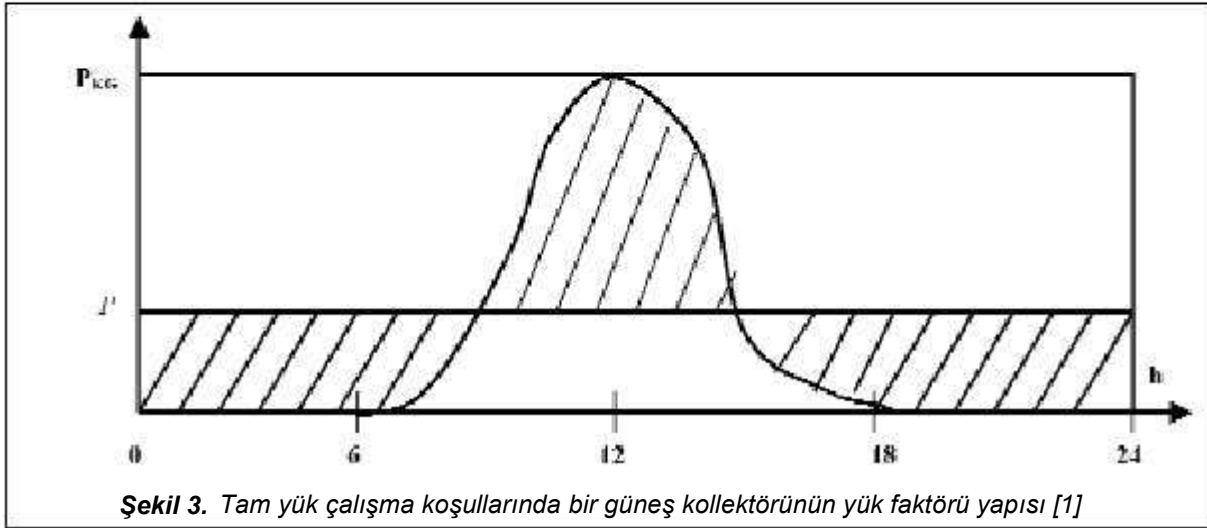
(YAO) ve yük faktörüne (F) bağlıdır. Amortisman giderlerinin azaltılabilmesi yüksek ısı performanslı düşük özgül yatırımlı sistem tasarımı, uygun koşullarda kredi temini ve özellikle emniyet, güvenilirlik ve işlerlik gibi tasarım, işletme kriterleri ile sistem yük faktörünün olabildiğince yüksek tutulmasına bağlıdır. Yük faktörü, güneş enerjisi sistemlerinde yaklaşık % 20 ($F \approx 0,20$) civarında olup, ısı depolama ile artırılabilir. Yük faktörü Eş. 11'de tanımlanmış olup, tam yük çalışma koşullarında bir güneş kolektörünün yük faktörü yapısı Şekil 3'de örnek olarak verilmiştir.

$$F[-] = \frac{P}{P_{KG}} \quad (10)$$

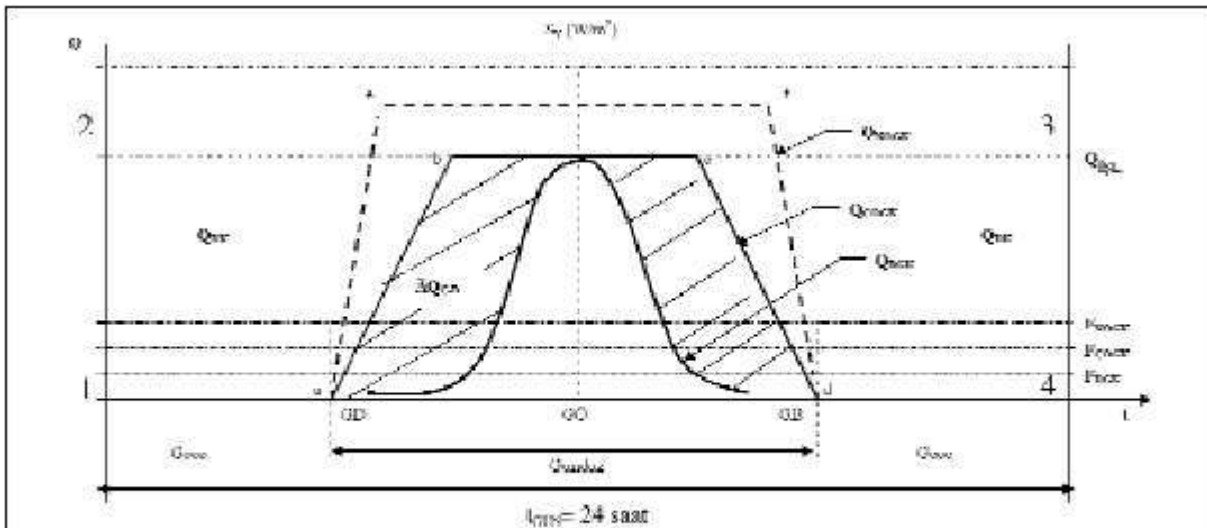
Genelde yüksek ekserjili ısı enerjisinin kullanıldığı ekonomik sektörlerde güneş enerjisi uygulamalarına girişimcilerin ve yatırımcıların hesaplanabilir risk alma yaklaşımı ile yönelebilmeleri için güneşsel uygu-

runun uygun uygulamalarını ve uygulama alanları (ısıtma, soğurmalı soğutma, proses buharı, elektrik üretimi vb.) belirlenmelidir.

Düz güneş kolektörleri sadece güneş öğlesinde 3-4 saat (Bkz. Şekil 4, çan eğrisi), çizgisel odaklamalı güneş kolektörleri güneş doğuşu ile batışı arasında yeterli etkinlikte (Bkz. Şekil 4, yüksek yük faktörlü, dar yamuk), noktasal odaklamalı güneş kolektörleri ise gün boyunca en etkin biçimde (Bkz. Şekil 4, en yüksek yük faktörlü, geniş yamuk) ısı üretmektedir. Yatırım amortisman maliyeti doğrudan sistemin yük faktörüne (F) bağlıdır (Bkz. Şekil 3, Eş. 10). Bu nedenle düşük maliyetli düz güneş kolektör sistemleri, düşük yük faktörleri ile ancak sıcak su üretimi gibi düşük ekserjili uygulamalarda kendilerini uygun sürede amorte edebilmektedir. Yüksek sıcaklık uygulamalarında, yüksek verimli ve pahalı çizgisel odaklamalı kolektörlerin kullanımının



Şekil 3. Tam yük çalışma koşullarında bir güneş kolektörünün yük faktörü yapısı [1]



Şekil 4. Düz (Q_{DGK}) çizgisel ($Q_{ÇOGK}$) ve noktasal (Q_{NOGK}) odaklamalı güneş kolektörlerinin günlük toplam ısı yükünün (1-2-3-4) içindeki payları ve ilgili yük faktörleri [1]

ekonomik olabilmesi için sistemin yük faktörünün yük seltimesi gerekir.

Enerji dönüşüm sistemlerinin ekonomik analizleri, işletme ve amortisman ömürleri esas alınarak yapılmıştır. Bir sistemin tasarımı ve işletmesi ile ilgili temel kriterler aşağıda verilmiştir:

- Emniyet (Security)
- Güvenilirlik (Reliability)
- İşlerlik (Availability)
- Verimlilik (Efficiency)
- Çevresel uyum (Environmental acceptability) [3]

Uygun işletme, bakım-onarım ve rehabilitasyon çalışmaları ile yukarıdaki kriterler işletme ömrü boyunca öngörülen koşullarda tutulmaya çalışılmalıdır. Bir işletmenin sürdürülebilirliği ekonomik ve çevresel koşullar tarafından belirlenir.

Maliyeti düşürmek uygun sistem konfigürasyonunun belirlenmesi ile olur. Güneş enerjisi uygulamalarında sabit ve sürekli yükler güneş enerjisi sistemi, değişken yükler ise destek sistemi ile karşılanacak şekilde konfigürasyonlar belirlenmelidir. Böylece bir sistem yükünü karşılayan enerjinin ilk yatırım maliyeti azalır. Tüm sistem yükü güneş enerjisi ile karşılanacak şekilde yapılan sistem tasarımı, birim yükü karşılayacak enerji başına düşen ilk yatırım maliyetini

arttırdığından ekonomik olmamaktadır. Bu nedenle sistem yüklerinin, güneş enerjisi ve destek enerji kaynakları ile ortak karşılanması en düşük maliyetli yaklaşımı oluşturur.

Alışılmış enerji sistemlerinin genelde ilk yatırım maliyeti düşük, yıllık işletme giderleri yüksektir. Güneş enerjili sistemlerde ise, ilk yatırım maliyetinin yüksek olmasına karşın, işletme giderleri çok düşüktür.

Güneş enerjisi sistemlerinin kendilerini en kısa sürede amortite edebilmeleri, sistemin yük ve kullanım faktörlerinin artırılmasını gerektirir. Bu şekilde ilk yatırım maliyeti yüksek, fakat işletme giderleri çok düşük olan güneş enerjisi sistemleri, ilk yatırım maliyeti düşük ancak işletme giderleri yüksek olan alışılmış sistemlere karşı ekonomik ve avantajlı hale getirilebilir.

Bir yıl 8760 saattir, ancak bu zamanın bir kısmı, bakım onarım, durma ve kalkmalar nedeniyle kullanılmaz. Yük faktörlerinin artırılmasıyla, uygulamalar tüm güneş enerjisi yayılır. Ancak gerek güneşli günler sayısının değişken olması sebebiyle, gerekse gece uygulamaları artırılabilmesi için, bu tür uygulamalarda ısı depolama büyük önem kazanmaktadır. Isı depolamanın yapıldığı güneş enerjili sistemlerle, güneş enerjisinden faydalanma süresi artırılabilir. Bu şekilde günün belirli saatlerinde, ihtiyaca yönelik olarak gü-

neş enerjisini birden çok farklı uygulamada kullanmak mümkün olabilir.

Örneğin turistik bir tesiste yazın saat 10⁰⁰ – 17⁰⁰ arasında dış hava çok sıcak olmasına karşın, insanların havuz, deniz ve açık restoranlarda olması sebebiyle soğutma ihtiyacı azalmaktadır. Bu nedenle bu saatler arasında, öncelikle enerji depolanmalı, hamam, sauna, çamaşırhane ve mutfak gibi bölümlere buhar temin edilerek bu bölümler aktif olarak işletilmelidir. Ayrıca aynı tesiste, Ekim ayından sonra soğutma ihtiyacının tamamen bitmesiyle, elde edilen enerji mutfak ve çamaşırhanede kullanılmalı, havuz, hamam, sauna ısıtılmasında ve kış aylarında da bunlara ek olarak mahal ısıtılmasında kullanılmalıdır.

Dolayısıyla ilk yatırım maliyeti yüksek olan güneş enerjili sistemlerin, enerji ihtiyacı yüksek olan turistik ve endüstriyel tesislerde, tüm yıl boyunca farklı uygulamalarda yoğun kullanımı, bu sistemleri, işletme giderlerinin çok az olması sebebiyle ekonomik yapacak

oranı ve yatırım giderlerinin azalması, amortisman maliyetini düşürürken, yük faktörünün olabildiğince artırılması ise amortisman maliyetini düşürür.

- İşletme: Uygulayıcılara işletme yönünden uygulama kolaylıkları sağlamalıdır.

Güneş enerjili sistem yatırımlarının, yapılan analizlerde genelde ekonomik çıkmamasının en önemli nedeni, ilk yatırım maliyetinin alternatif sistemlere göre çok yüksek olması ve yıllık ortalama yük faktörünün düşük olmasıdır. Burada ilk yatırım maliyetini etkileyen en büyük gider kalemini güneş kolektörü oluşturur. Güneş kolektörleri yakıt ve elektrik giderlerine duyarlıdır. Bu nedenle yakıt ve elektrik tüketiminin hızla arttığı günümüzde, turizm ve tekstil sektöründe olduğu gibi güneş destekli, yükseltilmiş yük faktörlü, tümleşik enerji uygulamalarının (ısıtma, soğutma, proses, pişirme, yıkama vb. ısı yükleri) artan bir hızla yaygınlaşması beklenmektedir.

Yaz aylarında kullanılan soğutma sistemleri güneş

ve sistemlerin kendilerini amorte etme süresini kısaltacaktır.

3. SONUÇ

Dünyadaki enerji krizi ve diğer enerji hammaddelerinin artan maliyetleri nedeniyle ucuz, temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisi uygulamalarının artması, gerek Türkiye, gerekse dünya açısından önemli ekonomik sonuçlar doğurabilecektir. Dünyanın 2070'lerdeki hidrojene dayalı enerji dengesi, güneş ışığına veya güneş ısı enerjisi kullanımıyla doğrudan sudan hidrojen üretilmesine bağlıdır. Günümüzde yüksek sıcaklık güneş enerjisi uygulamalarının ekonomik olabilmesi için genelde parabolik oluk tipi güneş kolektörlerinin kullanılması gerekmektedir. Bu amaçla geliştirilen kolektörlerin aşağıdaki kriterleri sağlaması söz konusudur [1].

- Verim: Kolektörlerin yansıtıcı yüzey ve soğurucu boru gibi bölümlerinin teknik yönden geliştirilmesi ve verimi artırır.
- Stabilité: Kolektörler hafif, ancak rüzgar gibi etkilere karşı dayanıklı ve dengeli olmalıdır.
- Amortisman: Amortisman maliyeti, yük faktörü, faiz oranı ve yatırım giderlerinin fonksiyonu olup, faiz

Yaz aylarında yapılaradaki soğutma yükünün güneş ışınından kaynaklanması nedeniyle soğutma yükü ve ışın şiddeti aynı fazdadır. Klima uygulamalarında en uygun mühendislik yaklaşımı, soğutma yüküne sebep olan, yakıt maliyetsiz güneş enerjisinin, bu yükün karşılanmasında doğrudan kullanılması olmalıdır. Bu yaklaşım, soğutma sistemindeki sıkıştırma işleminin yerine doğrudan güneşsel ısı ekserjisinin kullanıldığı soğurmalı (absorpsiyonlu) soğutma sistemleridir. Performans katsayısı daha yüksek olan çift kademeli soğurmalı soğutma sistemlerinde, daha yüksek ekserjili buhar kullanıldığından, kullanılan buhar debisi tek kademeli sistemlere kıyasla daha düşüktür [1].

Önümüzdeki yıllarda yüksek verimli güneş kolektörlerinin ülkemizde daha ucuz maliyetlerde üretilmesiyle, güneş destekli çok amaçlı tümleşik enerji sistemlerinin kullanımı, ülkemiz için başlıca döviz getirisi olan turizm, tekstil vb. sektörlerin, dış dünyaya karşı ekonomik ve çevresel yönden rekabet güçlerinin artırılmasında önemli rol oynayacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] ÇOLAK, L., "Güneşi Takip Eden Parabolik Oluk Tipi Güneş Kolektörlerinin Matematiksel Model lenmesi Tasarımı ve Teknik Optimizasyonu", Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, 2003.
- [2] DURMAZ, A., "Enerji Mühendisliği Tasarım Optimizasyon Teknik Ekonomik ve Çevresel Çözümlemeler", Ders Notları, Gazi Üniversitesi, 2003.
- [3] "Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği", T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü, Ankara, 1986.
- [4] DUFFIE, J.A., BECKMAN, W.A., "Solar Engineering of Thermal Processes", John Wiley and Sons Inc., 1991.

