

# GÜNEŞ KOLLEKTÖRÜ UYGULAMALARI İLE İLGİLİ EKONOMİK ANALİZLER

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 kollektörü 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 kollektörlerini binaların yıl boyunca soğutma, ısıtma, pişirme ve sıcak su ihtiyaçlarının yüksek yük faktörü ile karşılanmasını olanaklı kılmaktadır. Güneş kollektörlerinde birim enerji yakıt payının olmaması nedeniyle enerji maliyeti doğrudan kollektörün yatırım maliyetine, dolayısıyla amortisman giderine bağlıdır. Amortisman giderini ise en başta yıllık ortalama kollektör yük faktörü belirler. Yıllık ortalama yük faktörü yerel koşullara bağlı olarak, düzlemsel kollektörlerde en düşük, güneş takipli çizgisel odaklamalı kollektörlerde ise çok daha yüksektir. Bu nedenle gelişmiş kollektör 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 kollektörü uygulamalarının ekonomik analizleri incelenmiştir. Analizlerde doğrusal amortisman yöntemi uygulanarak, sürekli yük koşulları ve yüksek verimli kollektör özellikleri dikkate alınarak, iyileştirilen yıllık ortalama yük faktörünün sistem uygulaması ekonomisine etkisi irdelenmiştir.

**Anahtar Sözcükler :** Güneş enerjisi, güneş kollektörü, ekonomik analiz, yük faktörü

## ABSTRACT

Steam generation and cooling is necessary for most of the industrial sectors, hotels and hospitals. Nowadays for steam generation, especially in tourism sector, where natural gas can not be obtained easily, high cost liquid fuel, LPG or electricity is used. On the other hand, in conventional central cooling applications, generally compressors, which consumes more electrical energy, are used. Steam generation by modified solar collector assisted systems is economical. The usage of solar collectors in absorption cooling in summer time and heating during winter period, makes the load factor for solar collectors high, which are used in many applications such as, cooling, heating, cooking and hot water generation etc. Since there is no unit energy fuel cost in solar collectors, the energy cost is directly related with the investment cost and the amortization cost. On the other hand the amortization cost is primarily related with the average load factor. Although the annual average load factor, which is related with local conditions, is low in flat plate collectors but is high in line focussed concentrating parabolic trough type solar collectors, that track sun along one axis. Because of that reason by using solar assisted conventional energy systems, which use modified line focussing solar collectors, in industrial plants especially textile sector, that have high process, heating and cooling load requirements during a year, will be more economical solution for energy consumption and natural environment.

In this study, the economic analysis for solar collector applications are given. In this analysis, by applying direct amortization method, the effect of modified annual average load factor to system economy is investigated under continuous load conditions and for high solar collector efficiency.

**Keywords :** Solar energy, solar collectors, economic analysis, load factor

## 1. GİRİŞ

Güneş ışınım enerjisi dünyanın ekolojik dengesinin sürekliliğini sağlayan güneşsel ısı, fotosentez, hidrolik, rüzgar, dalga, biyokütle vb. yenilenebilir tüm temiz enerji türlerini oluşturur. Güneş ışınım enerjisi gece gündüz nedeniyle kesikli, ışın açısal 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 ışınım enerjisinin ekonomik sektörlerde yaygın biçimde kullanılabilir hale getirilebilmesi için, yüksek sıcaklıklarda iş akışkanı üretebilen yoğunlaştırıcı tür güneş kolektörlerine gereksinim vardır. Orta ve yüksek sıcaklık uygulamalarında (100-300 °C) çizgisel odaklamalı güneş doğu-batı yönünde tek eksenle 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 deneme 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 üretildiği odak noktasının (güneş fırınları) sıcaklığı, çizgisel odaklamalı kolektörlere kıyasla çok daha yüksektir. Noktasal odaklama alanının küçüklüğü (küçük boyutlu güneşsel fırın veya kazan) nedeniyle gerçekleştirilen proses ısı kapasiteler küçüktür. Endüstriyel yüksek ergime sıcaklıklarının sağlanabilmesi için bu sistemlerin güneşi iki eksenle (doğu-batı ve kuzey-güney) takip etmeleri gerekir. Bu nedenle noktasal odaklı güneş kolektörlerinin özgül yatırım maliyetleri çizgisel odaklamalılarına oranla çok daha yüksektir.

Ekonomik sektörlerle 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 eksenle (doğu-batı) güneş takibinin yeterli olması vb. nedenlerden dolayı parabolik oluk tipi güneş kolektörüdür.

Bu tip kolektörler ile elde edilen ısı, sadece soğurmalı soğutma uygulamalarında değil, proses buhar üretimi ve sıcak su temini için de kullanılabilir. Böylece kurulan 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 ( $C_T$  [TL/kWh]) bulunması, satış fiyatı çıkarılarak, birim ürün başına düşen karın hesaplanmasıdır [1].

$$C_T = \sum_{i=1}^n C_i = C_{\text{Degisken}} + C_{\text{sabit}} = C_Y + C_{\text{Amort.}} + C_{\text{Diğer}} \quad (1)$$

Bu eşitlikte  $C_{\text{Diğer}}$ , 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.

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

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

$$C_Y = \frac{G_Y \left[ \frac{TL - Y}{a} \right]}{Q_Y \left[ \frac{kWh}{a} \right]} = \frac{\bar{g}_Y \left[ \frac{TL - Y}{kg - Y} \right] \cdot \bar{M}_Y \left[ \frac{kg - Y}{h} \right] \cdot F_Y [-] \cdot 8760 \left[ \frac{h}{a} \right]}{\bar{H}_u \left[ \frac{kWh}{kg - Y} \right] \cdot \bar{M}_Y \left[ \frac{kg - Y}{h} \right] \cdot F_Y [-] \cdot 8760 \left[ \frac{h}{a} \right] \cdot \eta_K \left[ \frac{kWh_t}{kWh_y} \right]} \quad (3)$$

$$C_Y = \frac{\bar{g}_Y \left[ \frac{TL - Y}{kg - Y} \right]}{\bar{H}_u \left[ \frac{kWh}{kg - Y} \right] \cdot \eta_K \left[ \frac{kWh_t}{kWh_y} \right]} \quad (4)$$

Burada  $C_Y$ 'nin azaltılması, uygun fiyatlarda, yüksek ısı değerinde yakıt temini ve yüksek enerji dönüşüm verimli sistem tasarım ve uygun işletme ile sağlanır.

Burada;

$$\bar{g}_Y \left[ \frac{TL - Y}{kg - Y} \right] : \quad \text{Yıllık ortalama özgül yakıt gideri,}$$

$$\bar{H}_u \left[ \frac{kWh}{kg - Y} \right] : \quad \text{Yıllık ortalama özgül yakıt alt ısı değeri,}$$

$$\eta_K \left[ \frac{kWh_t}{kWh_y} \right] : \quad \text{Yıllık ortalama enerji (ısı, elektrik) üreteç net verimi,}$$

$$F_Y [-] : \quad \text{Enerji üreteç yıllık ortalama yük faktörü,}$$

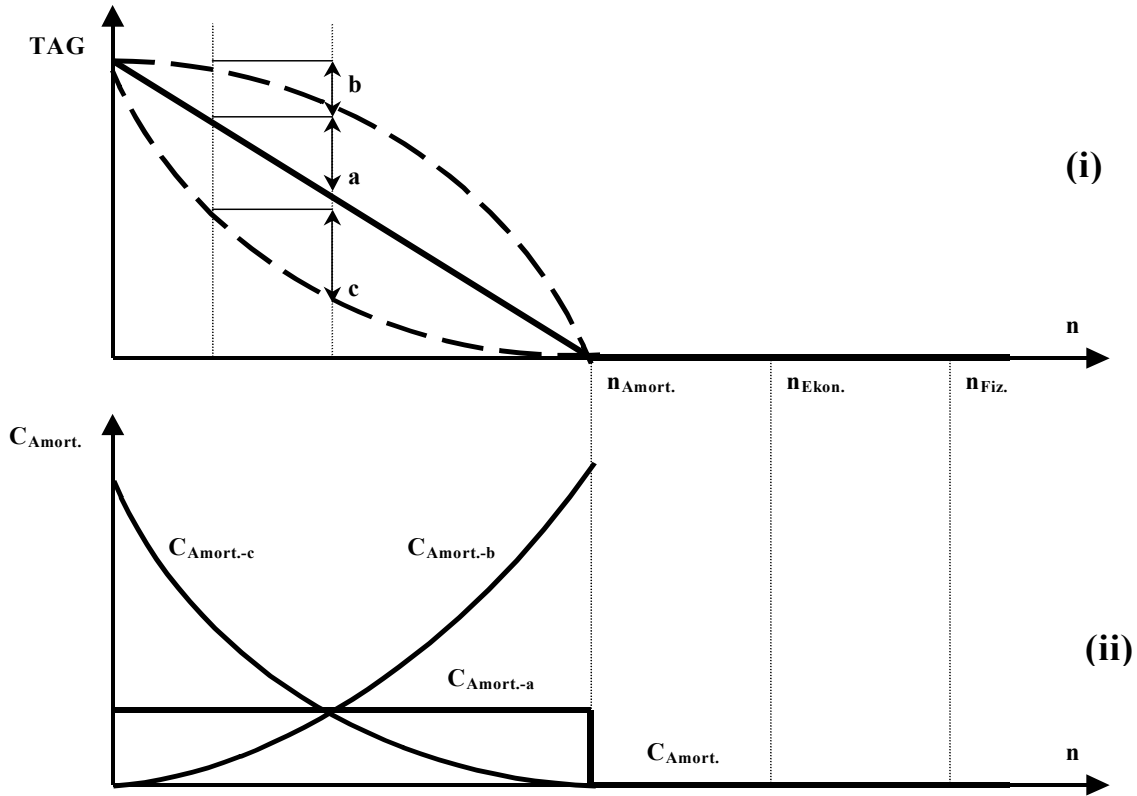
$$\overline{M}_Y \left[ \frac{kg}{h} \right]: \quad \text{Saatlik ortalama yakıt tüketimidir.}$$

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

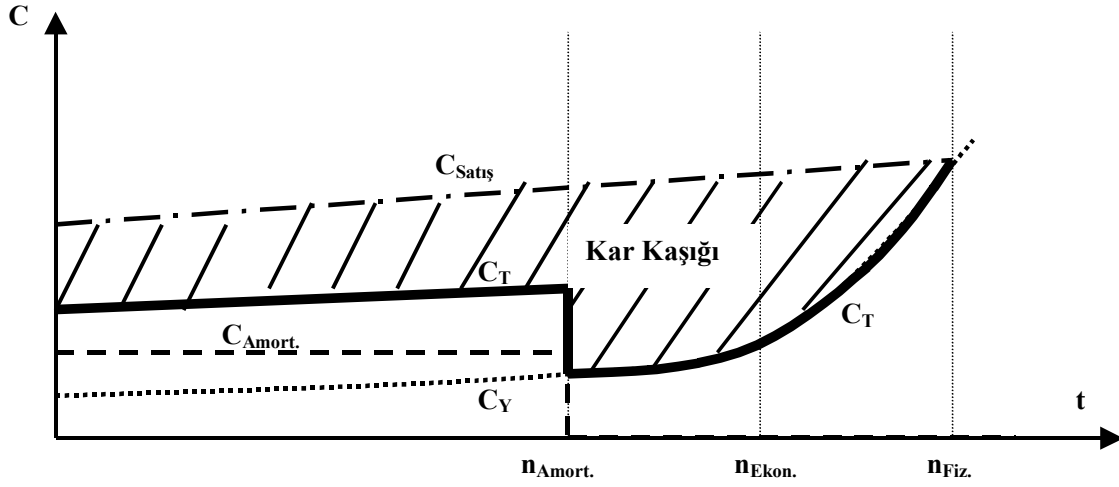
1. Doğrusal amortisman yöntemi (geri ödeme her yıl sabittir).
2. Yavaşlatılmış amortisman yöntemi (geri ödeme ilk yıllarda az, sonlara doğru artar).
3. Hızlandırılmış amortisman yöntemi (geri ödeme ilk yıllarda fazla sonlara doğru azalır).

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



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

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.



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

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

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

Burada;

TYA : Toplam yıllık amortisman gideri,

TYU : Toplam yıllık üretim miktarıdır.

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

$$TY = P_{KG} [kW] \times ÖY [TK/kW] \quad (7)$$

Doğrusal amortisman yöntemi için;

$$YAO = \frac{i(i+1)^{n_{Amort.}}}{(i+1)^{n_{Amort.}} - 1} \quad (8)$$

Burada;

TY [TL] : Toplam yatırım bedeli,  
YAO : Yıllık amortisman oranı,  
 $P_{KG}$  [kW] : Sistemin kurulu gücü,  
ÖY : Birim kurulu güç özgül yatırım maliyeti,  
i [-] : Faiz oranı,  
 $n_{Amort}$  : Amortisman ömrüdür.

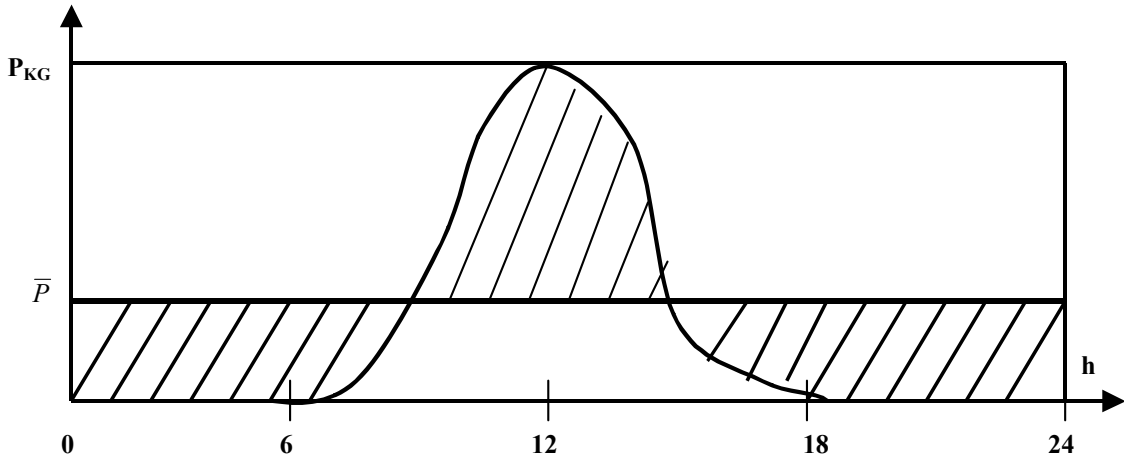
Bu çalışmadaki ekonomik analizlerde doğrusal amortisman yöntemi esas alınmıştır.

$$TYÜ \text{ [kWh/a]} = P_{KG} \text{ [kW]} \times F \text{ [-]} \times 8760 \text{ [h/a]} \quad (9)$$

$$C_{Amort} = \frac{P_{KG} \cdot \bar{OY} \cdot YAO}{P_{KG} \cdot F \cdot 8760} \quad (10)$$

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

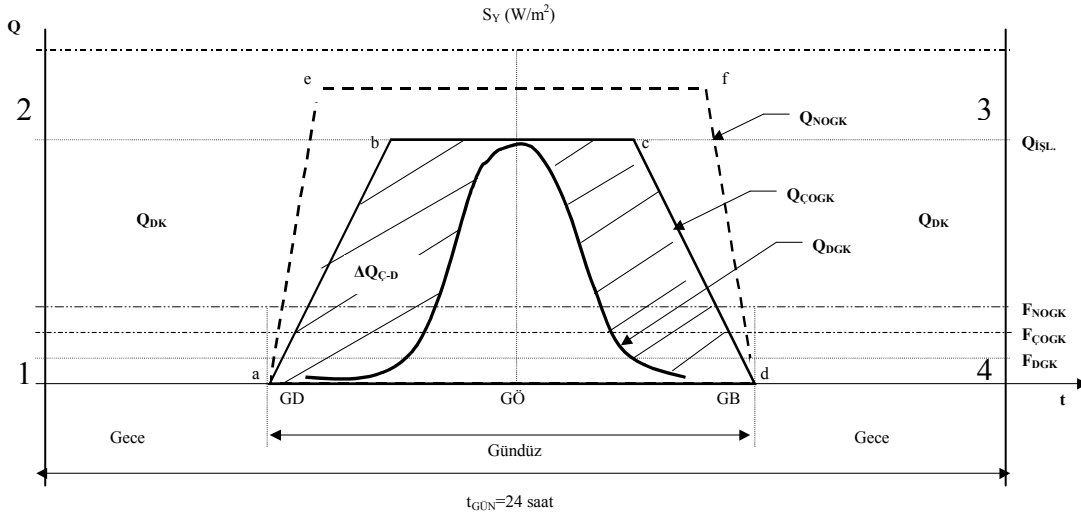
$$F[-] = \frac{\bar{P}}{P_{KG}} \quad (11)$$



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

Genelde yüksek ekserjili ısı enerjisinin kullanıldığı ekonomik sektörlerde güneş enerjisi uygulamalarına girişimcilerin ve yatırımcıların hesaplanabilir risk alma yaklaşımı ile yönelebilmeleri için güneşsel uygulamaların 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 yüklerin 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 gerçek uygulanabilirliği ve uygulama alanları (ısıtma, soğurmalı soğutma, proses buharı, elektrik üretimi vb.) belirlenmelidir.



**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]

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) ışın emmekte ve güneşsel 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 ekonomik olabilmesi için sistemin yük faktörünün yükseltilmesi gerekir.

Enerji dönüşüm sistemlerinin ekonomik analizleri, işletme ve amortisman ömürleri esas alınarak yapılmalıdır. 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 birim 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 amorte 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 kullanılamaz. Yük faktörlerinin artırılmasıyla, uygulamalar tüm güne 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 güneş enerjisini birden çok farklı uygulamada kullanmak mümkün olabilir.

Örneğin turistik bir tesiste yazın saat 10<sup>00</sup> – 17<sup>00</sup> arası 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 ve sistemlerin kendilerini amorte etme süresini kısıltacaktır.

### 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 ışımaya veya güneş ısı enerjisi kullanımıyla doğrudan sudan hidrojen üretilebilmesine 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 verimi artırır.
- Stabilite: Kolektörler hafif, ancak rüzgar gibi dış etkilere karşın dayanıklı ve dengeli olmalıdır.
- Amortisman: Amortisman maliyeti, yük faktörü, faiz oranı ve yatırım giderlerinin fonksiyonu olup, faiz 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 yapılarıdaki 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 Modellenmesi Tasarımı ve Teknik Optimizasyonu”, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, 2003.
- [2] DURMAZ, A., “Enerji Mühendisliği Tasarım Optimizasyon Teknik Ekonomik ve Çevresel Çözümler”, 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.

## ÖZGEÇMİŞLER

### Levent ÇOLAK

1965 Ankara doğumludur. 1986 yılında ODTÜ Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Aynı Üniversiteden 1989 yılında Yüksek Mühendis ve Gazi Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünden 2003 yılında Doktor ünvanını almıştır. 1986-1989 yılları arasında ODTÜ Makine Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmış, 1989-2001 yılları arasında tesisat ve taahhüt sektöründe Makine Mühendisi, Teknik Müdür, Satınalma Müdürü görevlerinde bulunmuştur. 2001-2004 yılları arasında güneş enerjisi sektöründe faaliyet gösteren bir firmada AR-GE Mühendisi olarak görev yapmıştır. 2004-2005 akademik yılından itibaren Başkent Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünde öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır.

### Ali DURMAZ

1944 Denizli doğumludur. 1967 yılında Almanya Stuttgart Teknik Üniversitesi'nde lisansını, 1970 yılında Stuttgart Teknik Üniversitesi'nde Yüksek Lisansını ve Stuttgart Teknik Üniversitesi Enerji Fakültesi'nde de Doktorasını tamamlamıştır. 1976 yılında Yrd.Doç., 1979 yılında Doçent, 1985 yılında Profesör ünvanını almıştır. Çalışma ve ilgi alanları; Enerji Mühendisliği, Yanma ve Emisyon Kontrol Teknolojileri, Doğalgaz Mühendisliği, Hava Kirliliği Kontrolü, Termik Santraller, Kombine Çevrim Santralleri, Bölgesel Isıtma ve Endüstriyel Rehabilitasyon, Enerji Ekonomisi olup, ODTÜ ve Gazi Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümlerinde Öğretim Üyesi olarak görev yapmıştır. Halen Gazi Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Enerji Anabilim Dalında Öğretim Üyesi ünvanı ile çalışmakta ve aynı zamanda da GEÇER, Gazi Üniversitesi Enerji-Çevre Sistemleri ve Endüstriyel Rehabilitasyon, Araştırma Merkezinin Direktörlüğünü yürütmektedir.