

Güneş-Isı Dönüşüm Sistemlerinin Süt Endüstrisinde Uygulamaları

Ayşe YILDIRIM COŞGUN, Demir İNAN

*Temiz Tükenmez Enerjiler Yüksek Lisans Programı, Fen Bilimleri Enstitüsü,
Hacettepe Üniversitesi, Ankara, Türkiye*

Özet

Güneş enerjisi, günümüzde büyük oranda evlerde sıcak su eldesi amacı ile kullanılmaktadır. Oysa, sanayinin toplam enerji tüketimindeki payı göz önünde bulundurulduğunda, temiz- tükenmez enerjilerin endüstriyel uygulamalarının araştırılması ve yaygınlaştırılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Tüm endüstriler için yapılan değerlendirmede, toplam endüstriyel ısı gereksiniminin % 57 sinin 400 °C nin altındaki sıcaklıklarda gerçekleşen endüstriyel işlemler için kullanıldığı saptanmış olup; bu sıcaklık aralığı güneş enerjisi ile kolaylıkla ulaşılabilecek bir aralıktır. Bu çalışmada güneş-ısı dönüşüm sistemleri için gelecek vadeden endüstri kollarından birisi olan süt ve süt ürünleri endüstrisindeki uygulama olanakları incelenmiştir.

Süt endüstrisi, gereksinim duyulan sıcaklıkların düşük olması nedeniyle güneş- ısı dönüşüm sistemlerinin etkin kullanılabileceği bir çok işlemi içermektedir. Bu işlemler, buhar kazanını besleyen suyun ısıtılması, pastörizasyon, sterilizasyon, yoğurt üretimi, sütün şartlandırılması (ön ısıtma), yerinde temizleme, şişe yıkanması, genel temizlik işlemleri olarak sıralanabilir. Dünyadaki örnek uygulama ve araştırmalar göstermektedir ki, süt ve süt ürünleri endüstrisi, diğer bir çok gıda sanayi kolu gibi güneş-ısı dönüşüm sistemlerinin etkinlikle uygulanabileceği bir kesim olmakla birlikte, temiz-tükenmez enerji uygulamalarının benzer kesimlerde yaygınlaşması için özendirme ve tanıtım etkinlikleri gibi araçların kullanılması gerekmektedir.

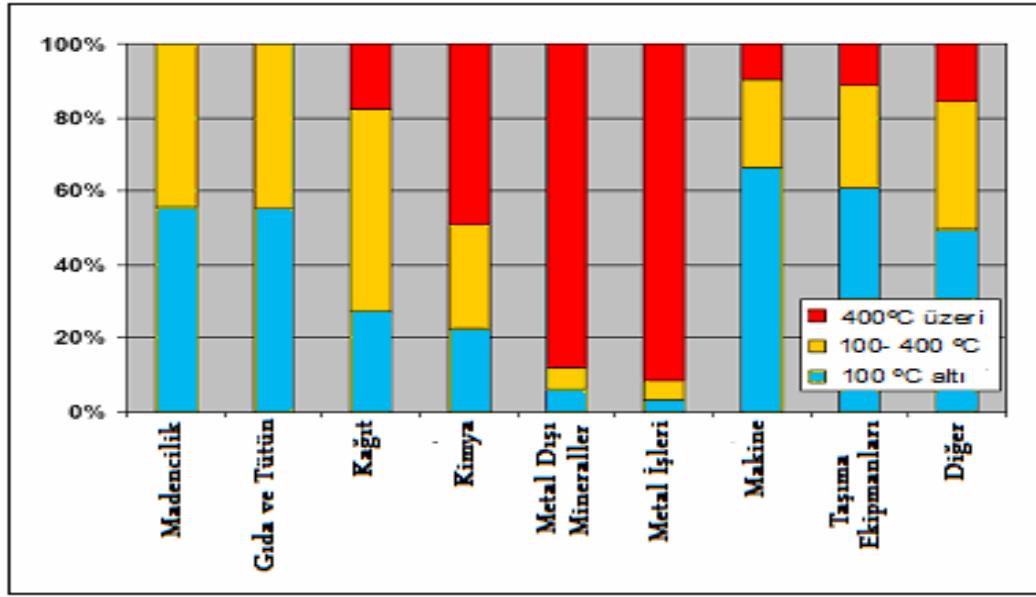
Giriş

Toplam endüstriyel ısı ihtiyacının %57 sinin 400 °C nin altındaki sıcaklıkların eldesi için kullanıldığı verisine dayanarak, güneş- ısı dönüşüm sistemleri gıda endüstrisinde yer alan işlemlerin de içinde olduğu bir çok endüstriyel işlemin enerji gereksinimini sağlayabilir. Süt endüstrisinde kullanılan pastörizasyon, genel temizlik, kurutma, damıtma, inkübasyon odalarının iklimlendirilmesi, yerinde temizleme sistemine su temini işlemleri güneş ısı dönüşüm sistemlerinden düzlem toplaçların kullanılabileceği işlemlerdir.

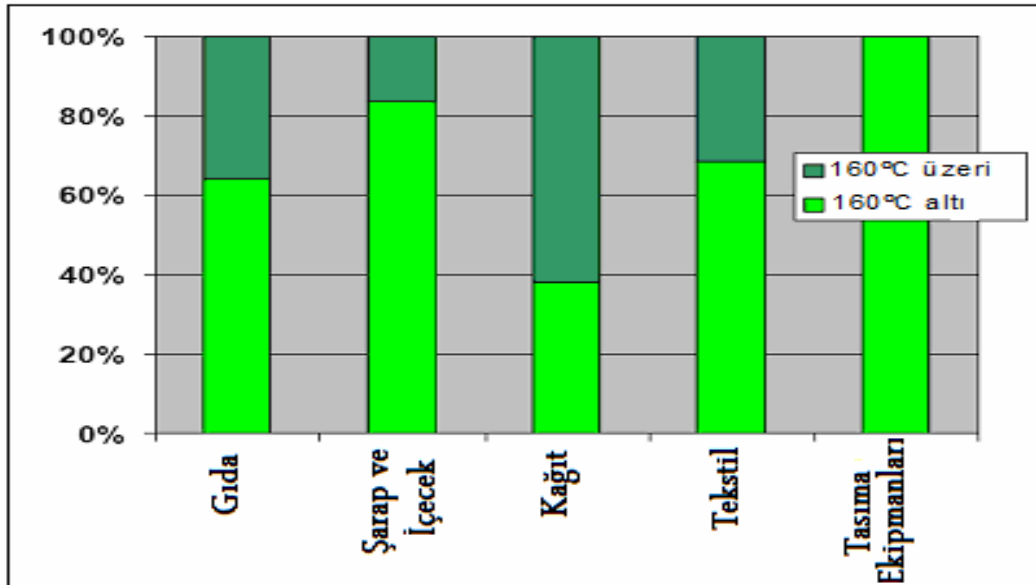
Bu çalışmada süt ve süt ürünleri endüstrisindeki uygulama olanakları incelenmiş ve Ankara'da kurulacak bir güneş-ısı dönüşüm sisteminin yalnızca genel temizlik ve yerinde temizleme sistemine su temini işlemleri için kullanıldığında enerji maliyetlerini %15 oranında azalabileceği tespit edilmiştir.

Güneş-Isı Dönüşüm Sistemlerinin Uygun Olduğu Endüstri Kolları

Ülkemizde nihai enerji tüketiminin sektörel dağılımına baktığımızda, sanayi %40 lık payı ile birinci sırada yer almaktadır [1]. Bu nedenle temiz tükenmez enerji uygulamalarının endüstriyel alanda yaygınlaştırılması gerekmektedir. Temiz tükenmez enerji seçeneklerinden olan güneş-ısı dönüşümleri, ülkemiz koşullarında 80- 250 °C arasında sıcaklıklara gereksinim duyulan endüstriyel işlemlerde rahatlıkla enerji kaynağı olarak kullanılabilir. Söz konusu sıcaklık aralığı ise bir çok endüstri kolunda gereksinim duyulan aralıktır. Şöyle ki; bugün, toplam endüstriyel ısı ihtiyacının %30 u 100 °C nin altındaki sıcaklıkların eldesi için kullanılırken, %57 si de 400 °C nin altındaki sıcaklıklar için kullanılmaktadır. Gıda, şarap ve içecek, tekstil, kağıt gibi bazı endüstriler için ise düşük ve orta dereceli sıcaklık ihtiyacı (250 °C nin altındaki sıcaklıklar) toplamın %60 ına denk gelmektedir. [2] [3]. Endüstriyel ısı ihtiyacının gerekli sıcaklık aralıkları ve endüstriyel kollara göre dağılımı Şekil 1ve Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 1- Endüstriyel ısı gereksiniminin gerekli sıcaklık aralıkları ve endüstriyel kollara göre dağılımı¹ [3]



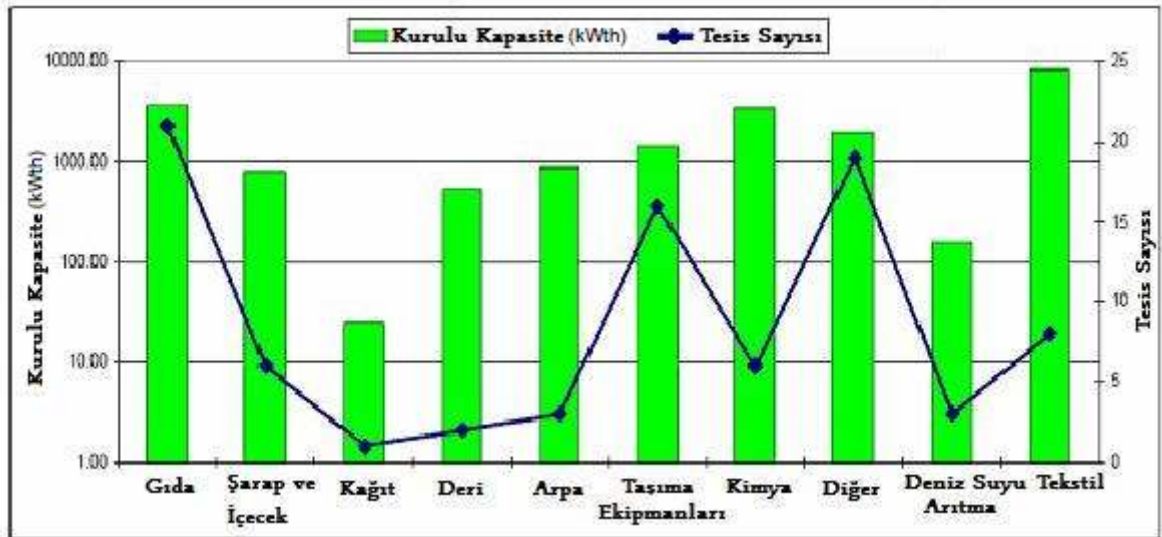
Şekil 2- Düşük Sıcaklık İhtiyacı Olan Bazı Endüstriler İçin Gerekli Sıcaklıklar [2] [3]

Yukarıda da belirtildiği üzere, 80- 250 °C arasında sıcaklıklara gereksinim duyulan endüstriyel işlemlerde güneş-ısı dönüşümleri rahatlıkla kullanılabilir. Çünkü ülkemiz koşullarında bu sıcaklık aralığı güneş enerjisi ile sağlanabilmektedir. Ancak, elde edilebilecek güneş enerjisi, kesiksiz olmadığı için endüstri tesislerinde elbette tek başına enerji kaynağı olarak kullanılamaz. Bu nedenle, işletmelerin güneş

¹ Veriler: 32 ülke: AB25, Bulgaristan, Romanya, Türkiye, Hırvatistan, İzlanda, Norveç ve İsviçre

enerjisinden istenen verimin elde edilemediği zaman aralıklarında doğalgaz, petrol ürünleri vb. ile çalışan yedek sistemlerin devreye girerek enerji ihtiyacını sürekli olarak sağlayacak şekilde tasarlanması gerekmektedir. Güneş enerjisi ile çalışan sistemlerin kurulumundaki amaç genellikle, tüm enerji ihtiyacının karşılanması değil, güneşten elde edilebilecek maksimum yararın sağlanmasıdır.

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) verilerine göre dünya genelinde 90 adet güneş enerjisinin endüstriyel uygulamaları rapor edilmiş olup², bu sistemlerin toplam kapasitesi 25 MW_{th} (35,000 m²) dir [2]. Raporlanan kurulu tesislerin sektörel dağılımı Şekil 3’de verilmiştir. Şekilden de anlaşılabileceği üzere tekstil ve kimya endüstrilerinde büyük kapasiteli tesisler mevcutken, gıda sektöründe daha çok sayıda ancak daha küçük kapasiteli tesisler vardır.



Şekil 3- Kurulu Güneş-Isı Sistemlerinin Sektörel Dağılımı [2]

Güneş-ısı Dönüşüm Sistemlerinin Uygun Olduğu İşlemler

Endüstriyel Amaçlı Güneş-Isı Dönüşüm Sistemlerinin (EGIDS)'nin kullanılabileceği endüstriyel işlemler ve bu işlemler için gerekli sıcaklıklar Tablo 1’de gösterilmektedir.

Tablo 1- Sektörel Sıcaklıklar [4]

² Bu veri yalnızca 21 üye ülke tarafından bildirilen rakamlar doğrultusunda oluşturulmuştur.

Endüstriyel sektör	İşlem Adı	Sıcaklık Aralığı (°C)
Gıda ve İçecek	Kurutma	30-90
	Yıkama	40-80
	Pastörizasyon	80-110
	Sterilizasyon	140-150
	Kaynatma	95-105
	Isıl İşlem	40-60
Tekstil	Yıkama	40-80
	Boyama	100-160
	Ağartma	60-100
Kimya	Kaynatma	95-105
	Damıtma (Distilasyon)	110-300
	Çeşitli kimyasal işlemler	120-180
Genel	Kazan Giriş Suyunun Isıtılması	30-100
	Mekan Isıtılması	30-80
	Genel Temizlik	40-80

Bu çalışmada, güneş-ısı dönüşüm sistemleri için gelecek vadeden endüstri kollarından birisi olan süt ve süt ürünleri endüstrisindeki uygulama olanakları incelenmiştir.

Süt Endüstrisi

Süt ve süt ürünleri (peynir, tereyağı, yoğurt, dondurma, ayran vb.) Türk gıda pazarında geniş paya sahip; düzenli olarak günlük tüketim payı olan gıda maddeleridir. Türkiye 2008 yılı sanayi verilerine göre, süt ve süt ürünleri sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin sayısı, gıda ve içecek sanayinde faaliyet gösteren işletmeler arasında %14.7'lik pay ile 3. sırada yer almaktadır [5].

Süt ve süt ürünlerinin işlenmesi, gereksinim duyulan işlem sıcaklıklarının düşük olması nedeniyle güneş- ısı dönüşümünün etkin kullanılabileceği işlemleri içerir. Bu

sektörde soğutma ve ısıtma işlemleri sıklıkla uygulandığı için, güneş- ısı dönüşüm sistemlerinin uygulanma potansiyeli fosil kaynaklı diğer enerji kaynaklarıyla da karşılaştırılabilir durumdadır.

Modern süt endüstrisinde en temel gereksinimlerden birisi, her işlemin her aşamasında sıcaklığın denetimli kullanılmasıdır. Sütün hayvandan sağılmasından başlayan ısı işlemler süt ve süt ürünlerinin raflarda satış süresince devam eder. Sağılma sonrasında hemen +4 °C sıcaklığa soğutularak saklanan süt, süt işletmelerine girişi sonrasında pastörizasyon ve diğer ısı uygulamalarından geçirilir. Isıl uygulamalar sonrasında hemen soğutulan, istenen ürüne bağlı olarak ara işlemlerde yeniden ısıtılıp, yeniden soğutulan süt ürünlerinin işlendiği bu endüstride ısı işlemlerin genel iş akışında önemli payı vardır. Süt endüstrisinde uygulanan temel ısı işlemlerin gerçekleştiği sıcaklıklar Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2- Süt Endüstrisinde Temel Isıl İşlemler

İşlem Adı	Sıcaklık
HTST Pastörizasyonu	72-75 °C
Ön-Isıl İşlem	63-65 °C
Sütün Şartlandırılması	30- 40 °C
UHT Isı Uygulaması	135-140 °C
Sterilizasyon	115-120°C
Genel Temizlik Amaçlı Kullanım	40-80 °C
Şişe- Güğüm Yıkanması	50- 80 °C
Yerinde-Temizleme Kimyasallarının Isıtılması- Yerinde Temizleme Durulama Suları [4] [6]	50- 75 °C
Yoğurt inkübasyonu [6]	42- 43 °C
Peynir inkübasyonu [6]	30- 35 °C

Görüldüğü üzere, bu endüstride gereksinim duyulan sıcaklık aralığı güneş-ısı dönüşüm sistemleri ile kolaylıkla elde edilebilecek sıcaklıklardır. Ancak, güneş enerjisinin doğrudan kullanılmasının pastörizasyon, sütün şartlandırılması gibi işlemler için çok uygun olduğunu söylemek doğru bir yaklaşım olmaz. Şöyle ki, süt

işlenirken mikroorganizma gelişiminin kontrollü olabilmesi için soğuk zincirin bozulmaması gerekmektedir. Bunu sağlayabilmek için, ısı uygulamaları süresinde hızlı sıcaklık farkları yaratılması gerekmektedir. Sütün ısı işlemler öncesinde ve sonrasında hedef sıcaklığa çıkarılması veya soğutulması ne kadar kısa sürede olursa, istenmeyen mikrobiyolojik gelişim de o kadar az olur.

Hızlı ısıtma ve soğutma genel ısı akışkanı olarak buhar kullanılarak sağlanabilir. Buhar yerine sıcak su kullanıldığı durumlarda ise büyük plakalı ısı değiştirgeçleri kullanılabilir. Büyük plakalı ısı değiştirgeçlerinin yüksek maliyetli olması ve buharın denetim kolaylığı nedenleriyle, bu endüstride genel ısı akışkanı olarak genellikle sıcak su yerine 100- 110 °C sıcaklıkta buhar kullanılır. Buhar kazanında üretilen buhar, çeşitli işlemlerde kullanıldıktan sonra yaklaşık 70-75 °C sıcaklıkta su olarak kazana geri dönüş yaptırılmaktadır. Hem ısıtma hem soğutma işlemlerine gereksinim duyulan bu endüstride ısı değiştirgeçleri kullanılarak %92 oranında enerji verimliliği sağlanabilmektedir [7]. Ancak, yüksek enerji verimliliği oranlarına rağmen enerji maliyetlerini azaltmak güneş enerjisi ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak mümkündür.

Buhar kazanında üretilen buhar, her bir işlemde hedef sıcaklıklara ulaşmak için, işlemin gerektirdiği miktarlarda kullanılır. Ancak, süt endüstrisi işlemlerinde ısı akışkanı olarak buhar kullanılmasına gerek olmayan, yani ısı taşıyıcı olarak suyun da kullanılabileceği işlemler mevcuttur. Bu işlemlerden bazıları kazan besleme suyunun ısıtılması, genel temizlik, yerinde-temizleme (Cleaning-in-place) ve inkübasyon odalarının iklimlendirilmesidir.

Güneş- ısı dönüşümleri ile buhar kazanının besleme suyu sıcaklığı (75°C) ve kazandan elde edilmek istenen buharın sıcaklığına (110 °C buhar) ulaşmak mümkün olsa da kurulacak olan güneş enerjisi sisteminin *Yerinde Temizleme (Cleaning In Place)*, *genel temizlik amaçlı kullanılacak suların ısıtılması*, ve *inkübasyon odalarının iklimlendirilmesi işlemlerinde* kullanılmasında, hedef sıcaklıkların daha küçük olması nedeni ile fayda vardır.

- 1. Yerinde Temizleme (CIP):** Sütün temas ettiği tüm yüzeylerin kapalı sistemde ve sökölmeden temizlenebilmesini sağlayan temizleme sistemidir. Temelde ön durulama, kimyasal ekleme ve durulama işlemlerinden oluşan CIP

sistemlerindeki günlük su tüketimi büyük miktarlarda olmaktadır. (AOÇ Süt İşletmesinde CIP sistemindeki su tüketimi 6 ton/gün dür.) CIP sistemlerinde kullanılan suyun sıcaklığı 50- 75 °C olmalıdır.

2. Genel Temizlik: İşletmedeki tüm yüzeylerin temizlenmesi, kazanların yıkanması, güğüm temizliği işlemleri için kullanılan sudur. Süt işletmelerinde en büyük su tüketimi bu başlıkta gerçekleşir. (AOÇ Süt İşletmesinde genel temizlik amaçlı su tüketimi 39 ton/gün dür.) Gereksinim duyulan su sıcaklığı 50-80 °C aralığında değişmektedir.

3. İnkübasyon Odalarının İklimlendirilmesi: Peynir ve yoğurt yapılacak sütler ısı uygulaması sonrasında içerisine starter mikroorganizma ve kültür eklenerek inkübasyon odalarında beklemeye bırakılırlar. Bu odaların değişmez sıcaklıkta tutulması gerekmektedir. 30-45 °C sıcaklık aralığında tutulması gerekli olan inkübasyon odalarının ısıtılması kapalı sistemli güneş-ısı dönüşüm sistemleri ile sağlanabilir.

Güneş-ısı dönüşümlerinin süt işletmelerinde kullanılabileceği işlemlerin mali getirilerinin hesaplanması için Atatürk Orman Çiftliği (AOÇ) Süt İşletmesinin verileri incelenerek, bir gerçek durum analizi yapılmıştır. 82 personeli olan ve günlük 45 ton süt işleme kapasitesi olan AOÇ Süt fabrikasında yalnızca “Yerinde Temizleme ve Genel Temizlik amaçlı kullanılacak suların ısıtılması” için harcanan enerji ($761,400 \cdot 10^3 \text{ kcal/yıl}$) işletmedeki toplam enerji tüketiminin %19 una denk gelmektedir. (İşletmede peynir ve yoğurt üretim hattının enerji kaynağı sistemden ayrı tasarlanmadığı için, inkübasyon odalarının enerji tüketimine dair sağlıklı veriler bulunmamaktadır.) Bugün için, doğalgaz kullanılan bu işletme için enerji tüketim maliyetinin %19’u 2007 yılı için 60,800 YTL/yıl’a denk gelmektedir.

AOÇ Süt Fabrikasında “Yerinde Temizleme ve Genel Temizlik amaçlı kullanılacak suların ısıtılması” için düzlem toplaçlardan oluşan bir güneş enerjisi sistemi kullanıldığında, gereksinimin ne kadarının karşılanabileceğini hesaplayabilmek için “Düz Güneş Toplaçları Tasarım Programı- FChart” model programı çalıştırılmıştır. Programa işlenen veriler Tablo 3’de, program çıktıları ise Tablo 4 ve 5’de gösterilmektedir.

Tablo 3- Model Girdileri

	Yerinde Temizleme Sistemi (CIP) İçin Suların Isıtılması	Genel Temizlik Amaçlı Kullanılacak Suların Isıtılması
Sıcak Su Tüketimi	$6 \frac{ton}{gün} \left(6 \frac{L}{kişi.gün} * 1000kişi \right)$	$39 \frac{ton}{gün} \left(39 \frac{L}{kişi.gün} * 1000kişi \right)$
Su Sıcaklığı	60 °C	75°C
Yer	Ankara (Enlem: 39,57 °)	Ankara (Enlem: 39,57 °)
İşletme Durumu (yaz, kış, yıl)	Tüm yıl boyunca	Tüm yıl boyunca
Birim Toplaç Alanı	50 m ²	50 m ²
Toplaç Tipi	Program tarafından belirlendi.	Program tarafından belirlendi.

Tablo 4- Evsel Amaçlı (Genel Temizlik) Kullanılacak Suların Isıtılması İçin Düz Toplaç Tasarım Programı-FChart Çıktıları

UYGULAMA YERİ	: ANKARA
İŞLETME DURUMU	: YIL
İSTENEN SU SICAKLIĞI	: 60 C°
KİŞİ BAŞINA TÜKETİM	: 39 Lt/kişi
KİŞİ SAYISI	: 1000 adet
TOPLAM KOLLEKTÖR ALANI	: 1456 m ²
KOLLEKTÖR SAYISI	: 29 adet
KOLLEKTÖR EĞİM AÇISI	: 39.57
YILLIK TOPL. FAYDALANMA	: 0 .7709081

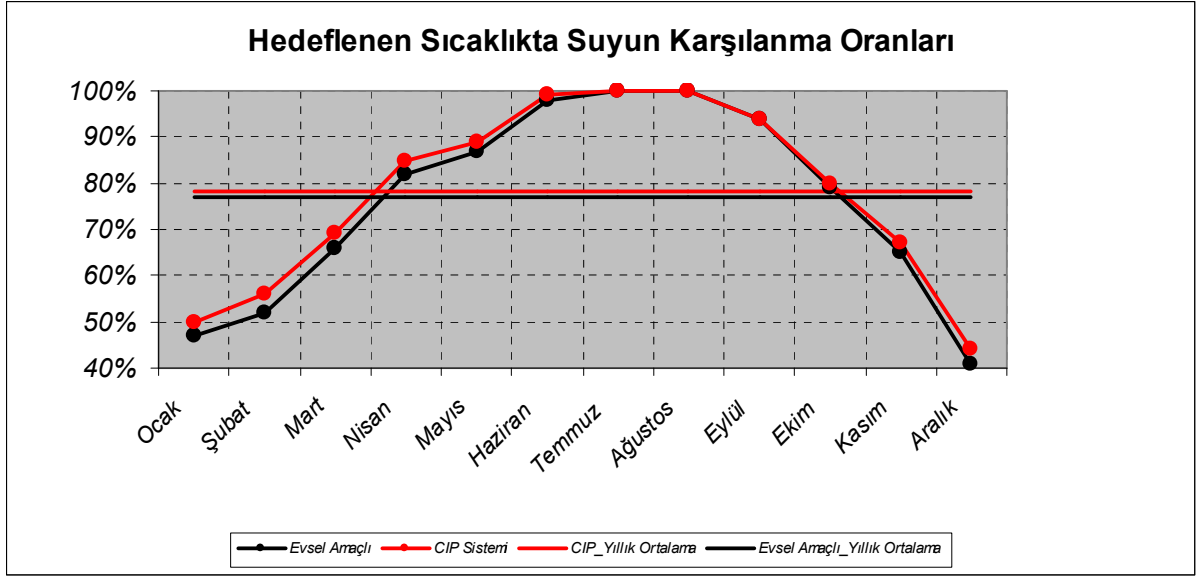
Tablo 5- CIP Sisteminde Kullanılacak Suların Isıtılması İçin Düz Toplaç Tasarım Programı-FChart Çıktıları

UYGULAMA YERİ	: ANKARA
İŞLETME DURUMU	: YIL
İSTENEN SU SICAKLIĞI	: 75 C°
KİŞİ BAŞINA TÜKETİM	: 6 Lt/kşi
KİŞİ SAYISI	: 1000 adet
TOPLAM KOLLEKTÖR ALANI	: 314 m ²
KOLLEKTÖR SAYISI	: 6 adet
KOLLEKTÖR EĞİM AÇISI	: 39.57
YILLIK TOPL. FAYDALANMA	: 0.7831348

F-Chart Model programı çıktıları doğrultusunda, yaz aylarında %100 ü karşılanmak üzere, tüm sene ortalamasında evsel amaçlı kullanılacak sıcak su ihtiyacının %77 sinin toplam kolektör alanı 1456 m² olmak üzere her biri 50 m² olan 29 adet düzlem toplaç ile karşılanabilecektir.

Aynı şekilde, yaz aylarında %100 ü karşılanmak üzere, tüm sene ortalamasında CIP sisteminde kullanılacak sıcak su ihtiyacının %78 inin toplam kolektör alanı 314 m² olmak üzere her biri 50 m² olan 6 adet düzlem toplaç ile karşılanabilecektir.

Şekil 4'te tüm sene boyunca sıcak su ihtiyacının ne kadarının karşılanabileceği gösterilmektedir.



Şekil 4- AOÇ Süt Fabrikası'nda Düzlem Toplaçlı Güneş Enerjisi Sisteminin Çeşitli İşlemler İçin Karşılatabileceği Sıcak Su Oranları

Önerilen güneş enerjili sistemin sene boyunca tam verimle çalıştırılması halinde, AOÇ Süt İşletmesinin toplam enerji tüketiminin %15'i karşılanabilecektir. Doğalgaz kullanılan bu işletme için enerji tüketim maliyetinin %15'i 2007 yılı için 48,000 YTL/yıl'a denk gelmektedir.

Sonuç:

Ülkemizin güneşlenme potansiyeli ve enerjide dışa bağımlılık oranımız dikkate alındığında ülkemizde de güneş enerjisinin endüstriyel uygulamalarının diğer ülkelerde olduğu gibi yaygınlaştırılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Süt endüstrisinde güneş enerjili sistemlerin kullanılması enerji maliyetlerini yaklaşık %15'e varan oranlarda azaltabilmektedir. Diğer endüstrilerde de uygulanma potansiyeli olan işlemlerin belirlenmesi ve KOBİlere uygulama teşvikleri sağlanmalıdır.

Kaynakça:

1. Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi. 2005-2006 Türkiye Enerji Raporu. Ankara (2007).
2. Vannoni, C. et al. Potential for Solar Heat in Industrial Processes. IEA SHC Task 33 and SolarPACES Task IV:Solar Heat for Industrial Processes. Madrid (2008)
3. ECOHEATCOOL (IEE ALTENER Project) www.ecoheatcool.org, The European Heat Market, Work Package 1, Final Report.
4. European Solar Thermal Industry Federation, Key Issues for Renewable Heat in Europe (K4RES-H) Solar Industrial Process Heat.
5. Türkiye Gıda ve İçecek Sanayi Dernekleri Federasyonu. Türk Gıda ve İçecek Sektörü 2008 Envanteri. Ankara (2009).
6. Bylund, G. TETRAPAK. Dairy processing handbook. Tetra Pak Processing Systems AB. (1995).
7. Procesol II. Solar Thermal Plants in Industrial Processes-Design and Maintenance Guidelines. Altener 4.I030/Z/02-084/2002. 2002.
8. Karagiorgas, M. Et al. Solar Syastem Applications In The Dairy Industry. Center For Renewable Energy Sources
9. Schinitzer, H. et al. Minimizing greenhouse gas emissions through the application of solar thermal energy in industrial processes. Journal of Cleaner Production 15(2007) 1271-1286.
- 10.Karagiorgas, M. et al. Industrial solar thermal applications in Greece: economic evaluation, quality requirements and case studies. Renewable and Sustainable Energy Reviews 5 (2001) 157- 173.
- 11.Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü. Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı. <http://www.eie.gov.tr/turkce/gunes/tgues.html>