



GÜNEŞ ENERJİSİ KAYNAKLI ABSORPSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMİNİN SİMÜLASYONU

(SIMULATION OF SOLAR – POWERED ABSORPTION COOLING SYSTEM)

İbrahim ATMACA*, Abdulvahap YİĞİT*

ÖZET/ABSTRACT

Dünya nüfusundaki hızlı artış ve teknolojinin gelişimi ile enerji ihtiyacı sürekli olarak artmaktadır. Artan bu ihtiyacı karşılayabilmek için yenilenebilir enerji kaynakları gibi bol ve tükenmeyen enerji çeşitlerini kullanmamız gereklidir. Güneş enerjisi bu alternatiflerden birisidir.

Bu çalışmada, LiBr-su akışkan çiftiyle çalışan, tek kademeli, güneş enerjisi kaynaklı absorpsiyonlu soğutma sistemi simüle edilmiştir. Yapılan programla bu sistemde güneş enerjisinin kullanılabilirliği araştırılmış ve kollektör tipi ile depo hacminin değişimi ile güneşten yararlanma oranı FNP' nin değişimi elde edilen grafikler ile incelenmiştir. Ayrıca sistemde bir by-pass hattı kullanılarak bu durumun FNP üzerine etkisi de ele alınmıştır.

With rapidly increase in world population and developing technology, demand of energy is ever increasing. In order to meet increasing need of energy, very large and inexhausted energy type as a renewable energy will be used. Solar energy is one of alternatives. In this study, solar powered, single stage, absorption cooling system, using water-lithium bromide solution, is simulated. Using solar energy in this system either possible or not is investigated and effect of collector type and storage tank mass in the fraction of the total load met by non-purchased energy (FNP) is researched. In addition, by – pass road is used in system and effect of its is investigated in FNP.

ANAHTAR KELİMELER/KEYWORDS

Güneş enerjisi, Absorpsiyon, Soğutma, Simülasyon
Solar energy, Absorption, Cooling, Simulation

*Uludağ Üniversitesi, Müh.-Mim. Fak., Makina Müh. Böl., Görükle, 16059 BURSA

1. GİRİŞ

Gelişen teknoloji ve Dünya nüfusundaki hızlı artış ile enerji ihtiyacı sürekli olarak artmaktadır. Klasik enerji türlerinin, sürekli artan bu ihtiyacı ileride karşılayamaz duruma geleceği açıktır. Bu durumda yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanmak oldukça önem kazanmaktadır. Güneş enerjisi sahip olduğu avantajlar ile önemli bir enerji kaynağıdır. Avrupa ülkeleriyle karşılaştırıldığında, Türkiye güneş enerjisi potansiyeli bakımından şanslı bir ülkedir.

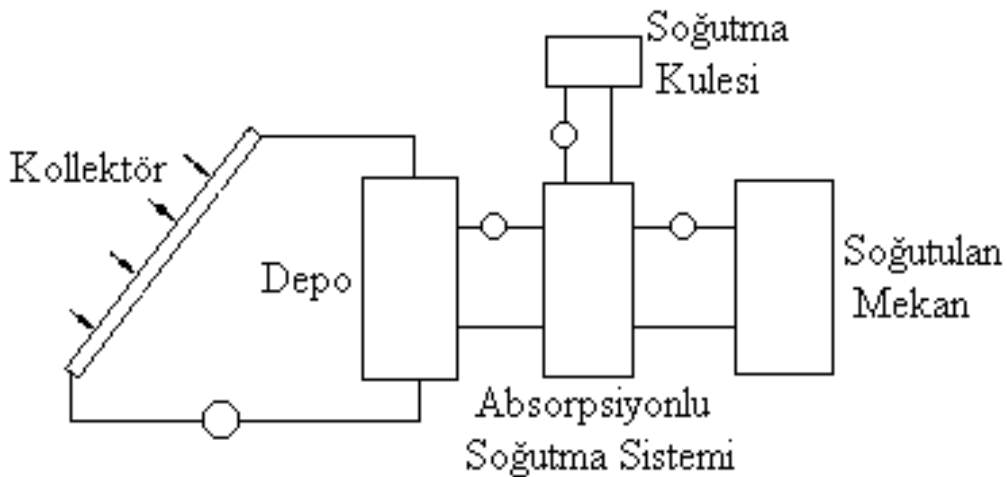
Yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş enerjisi ve her türlü atık ısı enerjisini kullanabilen absorpsiyonlu soğutma sistemi, elektrik enerjisiyle çalışan mekanik komprösörlü buhar sıkıştırma soğutma sistemi yerine, soğutma yapmak için kullanılabilir.

Güneş enerjisini kullanan absorpsiyonlu soğutma sistemiyle ilgili çeşitli çalışmalar mevcuttur. İleri ve Ergül güneş enerjisiyle çalışan absorpsiyonlu ısı pompasını simüle ederek çeşitli çalışma ve performans parametrelerinin değişimini incelemişlerdir (İleri, 1995; İleri, 1997; Ergül, 1991). Konuyla ilgili Blinn, Wijesundera'de çeşitli çalışmalar yapmışlardır (Blinn, 1979; Wijesundera, 1997; Wijesundera, 1999; Wijesundera, 2000). Günümüzde güneş enerjisinin daha verimli kullanımı için çeşitli çalışmalar sürdürülmektedir.

Yapılan bu çalışmada, çeşitli faktörlerin güneşten yararlanma oranı FNP üzerine etkisi incelenirken, çalışma saatleri içerisinde depo sıcaklığı, toplanabilen faydalı enerji miktarı, yardımcı enerji kaynağı ısıl gücü ve kollektör anlık verimleri de, detaylı bir şekilde elde edilen, grafiklerle incelenmiştir. Ayrıca, kullanılması düşünülen by-pass hattının sistemde güneşten yararlanma oranı FNP üzerine etkisi de incelenmiştir.

2. GÜNEŞ ENERJİSİ KAYNAKLI ABSORPSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMİ

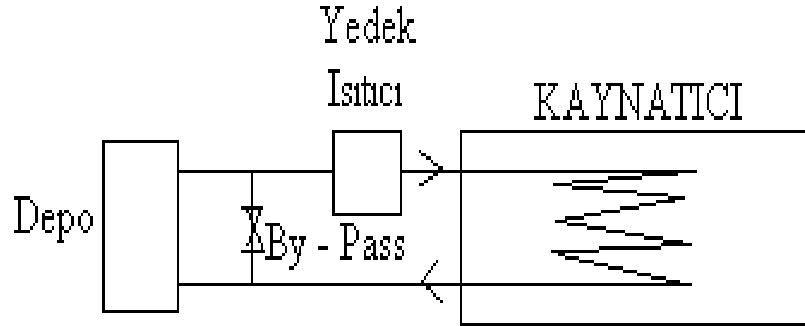
Güneş enerjisi kaynaklı absorpsiyonlu soğutma sisteminde, güneş enerjisi ile ısıtılan sıcak su, sistem elemanlarından kaynatıcıda LiBr-su eriyiğinden soğutucu akışkan olarak kullanılan suyu ayırmak için kullanılır. Güneş enerjisi sistemi, kaynatıcıda kullanılan sıcak suyu depolayan, depo tank sıcaklığının anlık olarak tayini esas alınarak modellenmiştir.



Şekil 1. Güneş enerjili absorpsiyonlu soğutma sisteminin şematik diyagramı

Güneş enerjisiyle çalışan absorpsiyonlu soğutma sisteminin şematik diyagramı Şekil 1'de verilmiştir. Tek kademeli absorpsiyonlu soğutma sisteminin çalışma prensibine konuyla ilgili mevcut çalışmalarda sık rastlandığı için bu makalede yer verilmemiştir. Güneş enerjili

absorpsiyonlu soğutma sisteminde, kaynatıcıda gerekli ısı güneş enerjili sistemden sağlandığı için, sisteme ek olarak kolektör, depolama tankı ve yardımcı enerji kaynağı gelmiştir. Güneş enerjisiyle ısıtılan suyun kaynatıcıda kullanımı detaylı olarak Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Güneş enerjisiyle ısıtılan suyun kaynatıcıda kullanımı

Depo tank sıcaklığının bulunabilmesi için, belli bir bölgede birim yüzeye düşen anlık ışınım miktarı ve buna bağlı olarak kolektörlerde toplanan faydalı enerji miktarı ve yardımcı enerji kaynağı ısıl gücünün hesaplanması gerekmektedir.

Bu çalışmada incelenen il, birim eğik yüzeye düşen güneş ışınımı miktarı oldukça yüksek olan Antalya’dır. Birim eğik yüzeye düşen anlık güneş ışınımı miktarı Kılıç ve Öztürk’ün tavsiye ettiği gibi hesaplanmıştır (Kılıç ve Öztürk, 1983). Antalya için birim eğik yüzeye (35°) düşen anlık güneş ışınımı miktarı Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Antalya için birim eğik yüzeye (35°) düşen anlık tüm güneş ışınımı miktarı I_e (W/m²)

SAAT	MAY.	HAZ.	TEM.	AĞUS.	EYL.
7.00	198	218	216	195	143
8.00	371	396	401	393	341
9.00	526	551	566	574	533
10.00	636	663	684	707	675
11.00	701	729	753	784	757
12.00	728	756	780	814	787
13.00	701	729	753	784	757
14.00	636	663	684	707	675
15.00	526	551	566	574	533
16.00	371	396	401	393	341
17.00	198	218	216	195	143

Kollektörlerde toplanan faydalı enerji

$$Q_f = A_t \cdot I_e \cdot \eta_t \quad (1)$$

şeklinde yazılabilmektedir. Bu denklemde, A_t ; toplayıcı yüzey alanı, I_e ; birim eğik yüzeye düşen anlık ışıyım miktarı, η_t ; kollektör anlık verimi olarak tarif edilmiştir. Anlık toplayıcı verimi

$$\eta_t = F_t \cdot \left[(\tau\alpha)_e - K \cdot \frac{T_{tg} - T_\zeta}{I_e} \right] \quad (2)$$

ifadesiyle bulunabilmektedir. Bu ifadede, F_t ; toplayıcı ısı kazanç faktörü, $(\tau\alpha)_e$; efektif yutma-geçirme katsayısı, K ; toplayıcı toplam ısı kayıp katsayısı, T_{tg} ; suyun toplayıcıya giriş sıcaklığı, T_ζ ; çevre sıcaklığı olarak tarif edilmiştir. Eşitlik 2, Eşitlik 1'de yerine yazılırsa

$$Q_f = A_t \cdot \left[F_t \cdot (\tau\alpha)_e \cdot I_e - F_t \cdot K \cdot (T_{tg} - T_\zeta) \right] \quad (3)$$

ifadesi elde edilir. Daha öncede belirtildiği gibi, depoda bulunan su kollektörlerde ısıtılmakta ve bu su kaynatıcıda ısıtıcı akışkan olarak kullanılmaktadır. Bu depoya kollektörler vasıtasıyla bir enerji girişi olurken aynı zamanda depolanan enerjinin bir kısmı kaynatıcıda kullanılmakta, bir kısım enerji de depo cidarından çevreye kayıp olarak transfer olmaktadır. Deponun enerji dengesini

$$(m \cdot c_p)_d \cdot \frac{dT}{dt} = Q_f - Q_L - Q_k \quad (4)$$

şeklinde yazabiliriz. Bu denklemde, m ; depo su kütlesi, Q_f ; Eşitlik 3 ile hesaplanan faydalı enerji, Q_L ; ihtiyaç için depodan çekilen ısı, Q_k ; depo cidarlarından depo çevresine olan ısı kaybı olarak tanımlanmıştır.

Belli bir andaki depo sıcaklığı, deponun Δt süre önceki sıcaklığı ve bu Δt zaman aralığı boyunca sisteme enerji giriş ve çıkış miktarlarının bilinmesi ile

$$T_{d,yeni} = T_{d,eski} + \frac{\Delta t}{(m \cdot c_p)_d} \cdot \left[Q_f - Q_L - (K \cdot A)_d \cdot (T_d - T_\zeta) \right] \quad (5)$$

şeklinde hesaplanabilmektedir. Depo için $(K \cdot A)_d$ değeri $11.1 \text{ W/}^\circ\text{C}$ olarak alınmıştır (Duffie ve Beckman, 1980). Bu denklemde depodan çekilen ısı miktarı olan Q_L değeri, T_d ; depo sıcaklığı, T_y ; kaynatıcıda kullanılarak ısısını eriyiğe verip soğuyan ve depoya dönen ısıtma suyu sıcaklığı, ρ ; kaynatıcıda kullanılan sıcak akışkan debisi olmak üzere

$$Q_L = (\rho \cdot c_p)_L \cdot (T_d - T_y) \quad (6)$$

şeklinde hesaplanabilmektedir. Absorpsiyonlu soğutma sisteminin çalışması için referans sıcaklıklar tayin edilmiştir. Referans sıcaklık sistemin çalışması için gerekli minimum sıcaklıktır. Bu çalışmada referans sıcaklık incelenen değişkene göre $80\text{--}90 \text{ }^\circ\text{C}$ arasında alınmıştır. Kaynatıcıda sıcak akışkan olarak kullanılan suyun sıcaklığı $80 \text{ }^\circ\text{C}$ 'nin altına düşerse kaynatıcıda eriyikten yeterli miktarda soğutucu buharı ayırlanamamaktadır. $90 \text{ }^\circ\text{C}$ 'nin üzerindeki sıcaklıklarda ise suyun buhar faza geçme tehlikesi bulunmaktadır. Depodaki su sıcaklığı belli saatlerde bu referans değerlere ulaşmamaktadır. Bu durumda depo çıkışına

yerleştirilen bir yardımcı enerji kaynağı ile su referans sıcaklığa kadar ısıtılıp kaynatıcıya gönderilmektedir. Yardımcı enerji kaynağı ısı gücü

$$Q_y = (\dot{m} \cdot c_p)_L \cdot (T_{ref} - T_d) \quad (7)$$

denklemlerle bulunmuştur. Güneşten yararlanma oranı FNP (the fraction of the total load met by non-purchased energy) şu şekilde tanımlanmıştır.

$$FNP = 1 - \frac{Q_y}{Q_{kay}} \quad (8)$$

Bu formülde, Q_y ; yardımcı enerji kaynağı ısı gücü, Q_{kay} ; kaynatıcı ısı gücü olarak tanımlanmıştır. Depodan çıkıp yardımcı enerji kaynağında referans sıcaklığa kadar ısınan su kaynatıcıda ısıyı ısıya verdiğinden sonra soğumaktadır. Bazı durumlarda bu su depoya dönerken depo sıcaklığından daha yüksek sıcaklıklarda olmaktadır. Bu su depoya karıştırılırsa depoya faydalı ısı girişi olacaktır. Böyle bir durumda sıcak suyu depoya vermek yerine bir by-pass hattından geçirip referans sıcaklığa kadar ısıtıp tekrar kaynatıcıya göndermekte mümkündür. By-pass hatlı sistemin şematik resmi Şekil 2’de gösterilmiştir.

Bu çalışmada aynı veriler için hem by-pass hattı kullanılması durumu, hem de kaynatıcıdan dönen sıcak suyun depoya karıştırılması durumu simüle edilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

3. SİSTEM SİMÜLASYONU VE ÇÖZÜMÜ

Yazılım FORTRAN programlama dilinde yapılmıştır. Yapılan program ile enlem açısı (e), deniz seviyesinden yüksekliği (Z) ve izafi güneşlenme süresi (t/t_0) bilinen her bölge için sonuç alınabilmektedir.

Çalışmada, soğutma yükü yaklaşık 10.5 kW olan bir büronun soğutulması incelenmiştir. Sistemin devreye giriş saati sabah saat 10.00 ve devreden çıkış saati akşam saat 18.00 olarak günde 8 saat çalıştığı düşünülmüştür. İnceleme, Mayıs ayından Eylül ayına kadar olan 5 aylık yaz mevsimi için yapılmıştır.

Bu çalışmada kullanılan bölge olan Antalya’ nın enlem açısı (e) 36.5 °, deniz seviyesinden yüksekliği (Z) 42 m’ dir. Antalya için izafi güneşlenme süresi (t/t_0) Mayıs ayından Eylül ayına kadar sırasıyla 0.73, 0.82, 0.86, 0.88 ve 0.83 değerlerini almaktadır. Simülasyonda kollektör eğim açısı 35° olarak alınmış, çevre sıcaklığı sürekli olarak 30 °C kabul edilmiştir. Bu çalışmada simülasyonu yapılan sistem kış aylarında kullanılmayacaktır. Fakat sistem, yaz aylarının yanında Mayıs ve Eylül gibi bahar aylarında da kullanılacağı için kollektör eğim açısı enlem açısından küçük olacak şekilde 35° olarak seçilmiştir.

Depo hacmi için ise çeşitli kaynaklarda bir takım öneriler mevcuttur. Mevcut çalışmalarda depo hacmi m² kollektör yüzey alanı başına 75 ile 200 lt arasında alınmıştır. Bu çalışmada, sistemin çalışma saatleri sınırlı olduğu için çok yüksek depo hacimleri denenmemiş, m² kollektör yüzey alanı başına 75, 100 ve 125 lt depo hacmi ile simülasyon yapılmıştır.

Çalışmada 3 tip kollektör incelenmiştir. Eşitlik 3’de verilen toplayıcı ısı kazanç faktörüyle efektif yutma-geçirme katsayısının çarpımının [$F_t \cdot (\tau\alpha)_e$] ve yine toplayıcı ısı kazanç faktörüyle toplayıcı toplam ısı kayıp katsayısının çarpımının ($F_t \cdot K$) çeşitli kollektör tiplerine

göre değerleri Ergül'de verilmiştir (Ergül, 1991). Bu çalışmada, Çizelge 2'de verilen bu kollektör tipleri incelenmiştir.

Çizelge 2. Kollektör cinslerine göre kollektör parametreleri

Kollektör Adı	Kollektör Tipi	$F_t \cdot (\tau\alpha)_e$	$F_t \cdot K$
A	Tek camlı, seçici yüzeyli kollektör	0.70	3.3
B	Çift camlı kollektör	0.75	6.5
C	Tek camlı kollektör	0.90	10.0

Yapılan simülasyon çalışmasında çeşitli alt programlar da mevcuttur. Kaynatıcıda çekilen ısı yük bir alt program vasıtasıyla bulunmuştur. Kaynatıcı ısı yükü, absorpsiyonlu soğutma sisteminin termodinamik analizi sonucu debiler ve entalpiler cinsinden elde edilen denklem ile bulunmuştur. Çeşitli noktaların termodinamik özellikleri yine alt programlar ile elde edilmiştir. Termodinamik analizin yapıldığı alt programda buharlaştırıcı sıcaklığı 7 °C, yoğunlaştırıcı sıcaklığı 33 °C olarak alınmıştır. Kaynatıcı sıcaklığı ise, kaynatıcıda kullanılan sıcak akışkan sıcaklığından 10 °C düşük olarak alınmıştır. Eğer depo tank sıcaklığı belirlenen referans sıcaklığın üzerinde ise bu sıcak su direkt olarak kaynatıcıda kullanılmıştır. Aksi durumda depo tanktan alınan su referans sıcaklığa kadar yardımcı enerji kaynağında ısıtılarak kaynatıcıda kullanılmıştır. Yapılan program algoritmasının basamaklarını şu şekilde sıralayabiliriz;

Programın başında yılın kaçınıcı günü olduğu, enlem açısı, güneşlenme süresi, bölgenin deniz seviyesinden yüksekliği, kollektör eğim açısı , çevre sıcaklığı ve toplayıcı alanı girilmiştir.

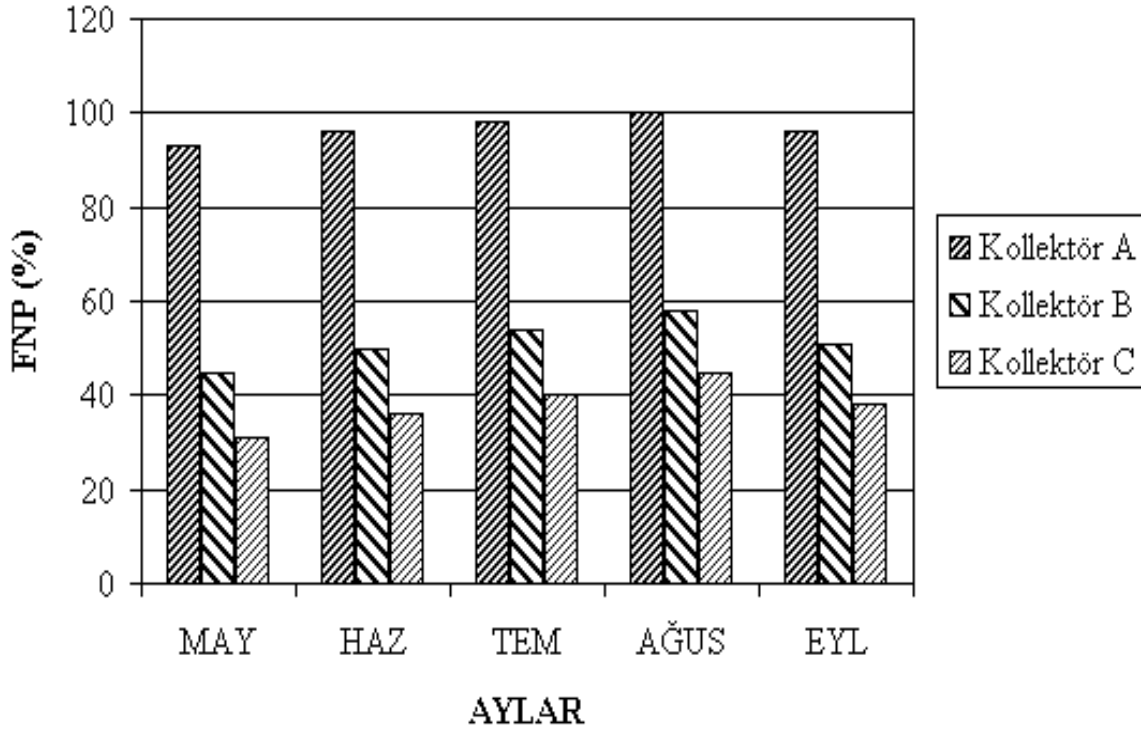
Çeşitli güneş açısı değerleri ve atmosfer dışına, atmosfer içinde yatay ve eğik düzlemlere gelen günlük toplam ışınım değerleri hesaplatılmıştır.

Saat 7.00'dan sistemin çalışma saati başlangıcı olan 10.00'a kadar anlık ışınım değerleri, faydalı enerji ve depo sıcaklığı 1' er saatlik periyotlarla hesaplatılmış ve yazdırılmıştır.

Saat 10.00'dan sistemin çalışma saatinin sonu olan 18.00'a kadar anlık ışınım değerleri, faydalı enerji, depo sıcaklığı, yardımcı enerji kaynağı ısı gücü ve kollektör anlık verimleri ile çalışmanın ana amacı olan güneşten yararlanma oranı FNP hesaplatılarak yazdırılmıştır.

4. SONUÇ VE İRDELEME

Bu bölümde, yukarıda giriş dataları ve temel algoritma basamakları verilen programın sonuçları irdelenmiştir. 3 ayrı kollektör tipinin ve depo tank hacminin değişimi ile güneşten yararlanma oranı FNP'nin değişimi ve by-pass hattının FNP üzerine etkisi incelenmiştir. Bu parametrelerin değişimi ile depo sıcaklığı, faydalı enerji ve yardımcı enerji kaynağı ısı gücünün değişimi de incelenmiştir.



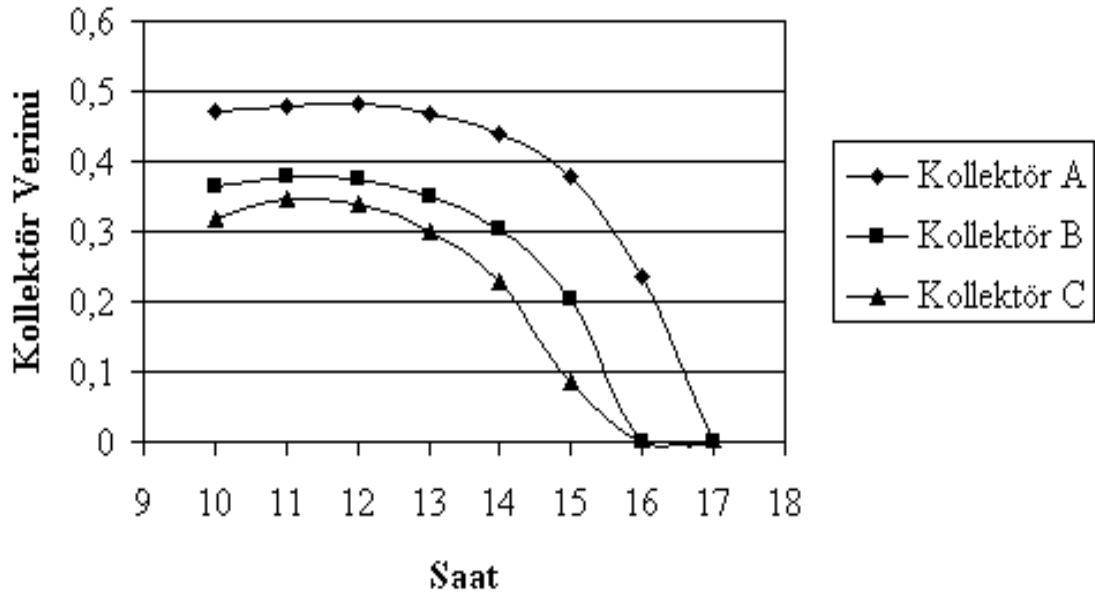
Şekil 3. Aylara bağlı olarak, kollektör tipinin değişimi ile güneşten yararlanma oranı FNP'nin değişimi

Çizelge 2'de verilen 3 tip kollektörün güneşten yararlanma oranı FNP üzerine etkisi incelenirken referans sıcaklık 80 °C, kollektör yüzey alanı 50 m² ve m² kollektör yüzey alanı başına 75 lt depo hacmi olmak üzere 3750 lt depo hacmi alınmıştır.

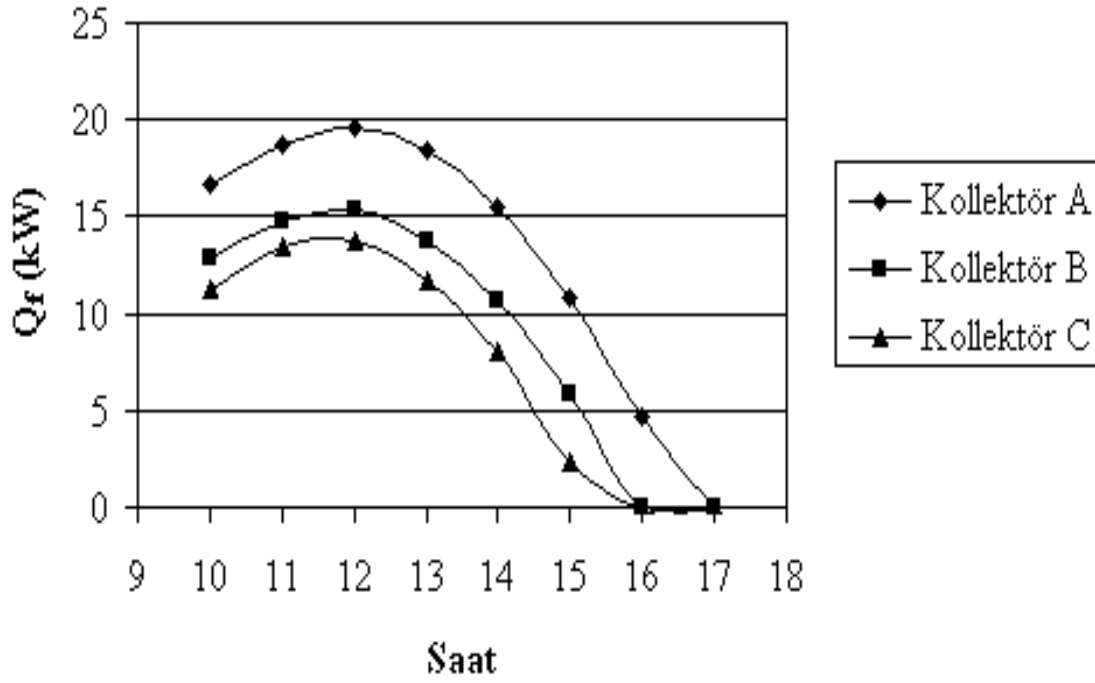
Yapılan simülasyon sonucu bulunan güneş enerjisinden yararlanma oranı FNP Şekil 3'de verilmiştir. Şekilden görüldüğü üzere, kollektör A kullanılması durumunda, kullanılan aya bağlı olarak kollektör B'nin yaklaşık 2 katı, kollektör C'nin ise yaklaşık 3 katı daha fazla güneşten yararlanılabilmektedir. Kollektör A, diğer kollektör çeşitlerine göre daha yüksek bir verime sahiptir. Ağustos ayında, gün içinde çalışma saatleri içindeki anlık kollektör verimlerinin değişimi 3 kollektör cinsi içinde Şekil 4'de verilmiştir. Daha yüksek verime sahip Kollektör A'nın kullanılması durumunda, diğer kollektörlere göre daha yüksek faydalı enerji toplanabildiği ve bu durumda depo sıcaklığının daha yüksek değerlere ulaşabildiği sırasıyla Şekil 5 ve Şekil 6'dan görülebilmektedir.

Güneş enerjili absorpsiyonlu soğutma sistemi kullanılması durumunda, ilk yatırım maliyetini arttırmasına rağmen mutlaka verimi yüksek seçici yüzeyli bir kollektör kullanılmalı, gerekirse bazı durumlarda toplanan faydalı enerjinin kullanılabilirliğinin çok yüksek olduğu yoğunlaştırıcı toplayıcılar dahi düşünülmelidir.

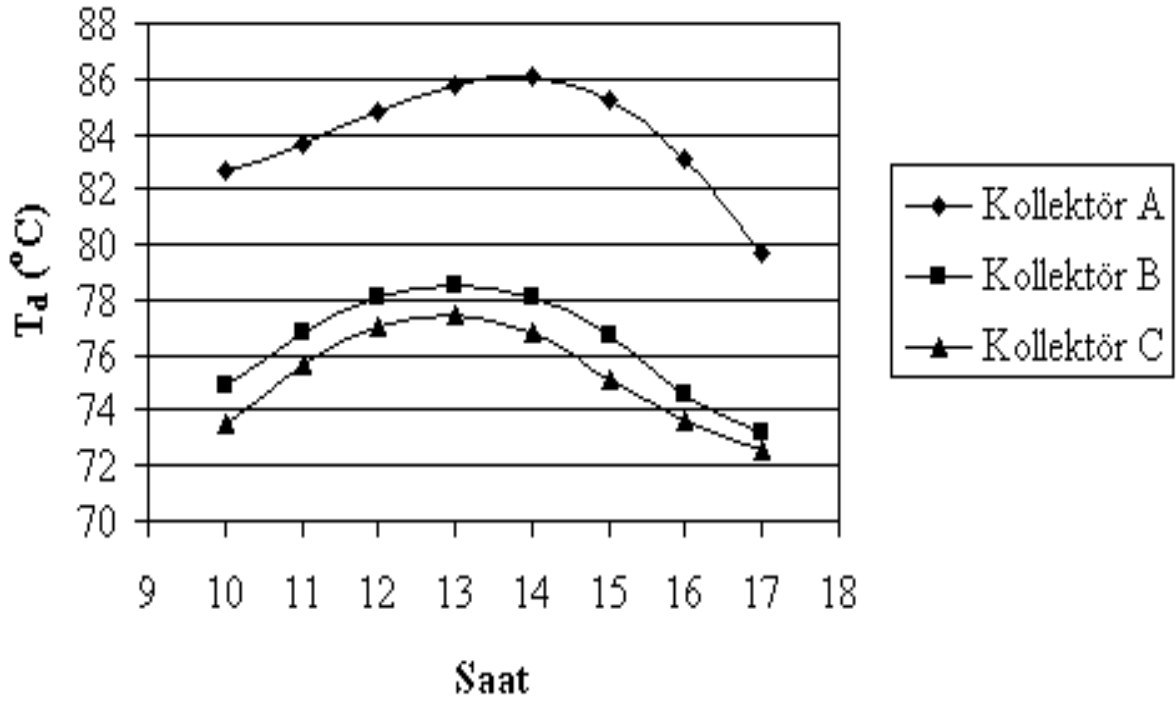
Depo tank hacminin güneş enerjisinden yararlanma oranı FNP üzerine etkisini incelemek için, m² kollektör başına 75, 100 ve 125 lt depo hacmi alınmıştır. Referans sıcaklık 85 °C, kollektör alanı 50 m² alınmış ve kollektör tipi olarak yüksek verime sahip kollektör A seçilmiştir.



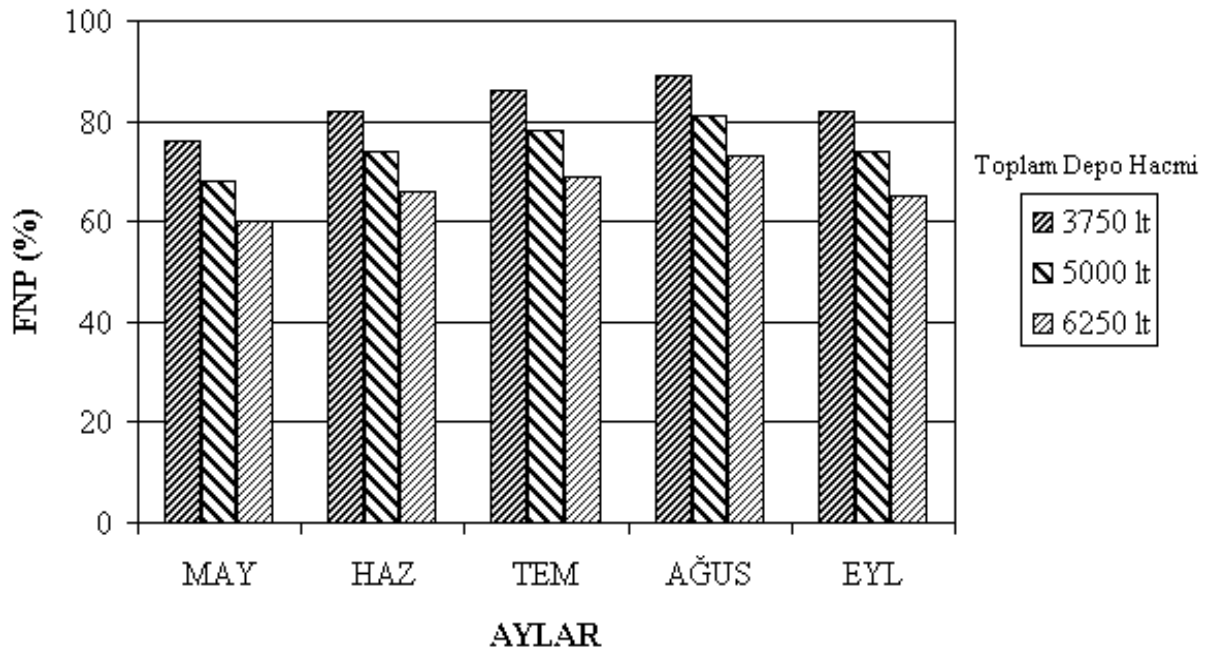
Şekil 4. Ağustos ayında, gün içinde çalışma saatlerinde anlık kollektör veriminin kollektör cinsine bağlı olarak değişimi



Şekil 5. Ağustos ayında, gün içinde çalışma saatlerinde kollektörlerde toplanan faydalı enerjinin kollektör tipine göre değişimi



Şekil 6. Ağustos ayında, gün içinde çalışma saatlerinde depo sıcaklığının kollektör tipine göre değişimi

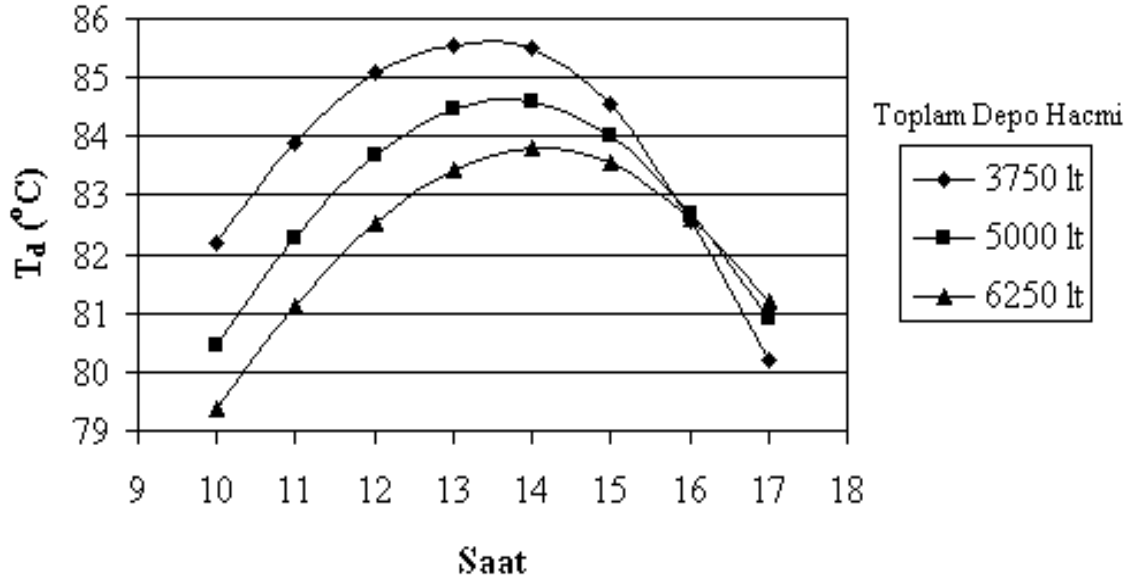


Şekil 7. Aylara bağlı olarak, depo hacmi ile güneşten yararlanma oranı FNP' nin değişimi

Depo hacminin güneşten yararlanma oranı FNP üzerine etkisi, Şekil 7'de verilmiştir. Görüldüğü gibi, artan depo hacmiyle güneşten yararlanma oranı FNP düşmüştür. Bunun sebebinin depo sıcaklığının bir gün içindeki değişimini inceleyerek görebiliriz.

Şekil 8'de Haziran ayında, gün içinde sistemin çalışma saatlerinde depo hacmine göre depo sıcaklığının değişimi verilmiştir. Şekil 8 incelenirse, en düşük depo hacminde (3750 lt),

depo sıcaklığının saat 13.00'a kadar hızlı bir şekilde yükseldiği, fakat bu saatten sonra çok hızlı bir şekilde düşüşe geçtiği görülebilmektedir. Daha büyük depo hacimlerinde ise depo sıcaklığındaki düşüş saat 14.00'den sonra başlamakta ve bu büyük hacimlerde, küçük depo hacmine göre, sıcaklık daha yavaş yükseldiği gibi daha yavaş da azalmaktadır. Depo sıcaklığının her 3 depo hacmi için de saat 16.00'da eşitlendiği görülebilmektedir. Çalışma saati sonundaki depo sıcaklığı incelenirse, en büyük depo hacminde en yüksek depo sıcaklığının olduğu görülecektir.



Şekil 8. Haziran ayında gün içinde çalışma saatlerinde depo sıcaklığının depo hacmine bağlı olarak değişimi

Şekil 7'de depo hacmi ile güneşten yararlanma oranı FNP'nin değişimi, kollektör A için detaylı olarak incelenmiştir. Diğer kollektör cinslerinin kullanımı durumunda depo hacminin güneşten yararlanma oranı FNP üzerine etkisini incelemek için Çizelge 3 verilmiştir. Bu inceleme Ağustos ayı için yapılmış ve yine referans sıcaklık 85 °C, kollektör alanı 50 m² seçilmiştir. Çizelge 3' de görüldüğü gibi her 3 kollektör cinsi içinde, artan depo hacmi ile güneşten yararlanma oranı FNP düşmüştür. Bu durumda her 3 kollektör cinsi içinde m² kollektör başına 75 lt depo hacminin en iyi seçim olacağı söylenebilir.

Çizelge 3. Kollektör cinslerine göre, Ağustos ayında depo hacminin güneşten yararlanma oranı FNP üzerine etkisi

Depo Hacmi (lt)	FNP (%)		
	Kollektör A	Kollektör B	Kollektör C
3750	89	49	33
5000	81	46	30
6250	73	39	26

Bu çalışmada, çalışma saati 8 saatle sınırlı tutulduğu için yüksek depo hacmi herhangi bir fayda sağlamamaktadır. Buna karşılık, 24 saatlik bir çalışma periyodu seçilseydi, yüksek depo hacimlerinde, depodaki suyun soğumasında azalacağından, muhtemelen depo hacminin artmasıyla güneş enerjisinden yararlanma oranı FNP değeri de bir miktar artacaktır. Bu

çalışmada, çalışma saati sonundaki depo sıcaklığını çok fazla düşürdüğü için m² kollektör başına 75 lt depo hacminin altına inilmemiştir.

Bazı durumlarda, güneş enerjisiyle ısıttığımız su kaynatıcıda kullanılıp soğuduktan sonra depoya dönerken bu suyun sıcaklığının depo sıcaklığından büyük olduğu görülmüştür. Bu durumda bir by-pass hattı kullanılarak suyun referans sıcaklığa yükseltilmesinde daha küçük bir ısıtma yükü ile yardımcı enerji kaynağı kullanılması düşünülmüştür. Bu durumu incelemek için düşük verime sahip kollektör B kullanılmış, depo hacmi 3750 lt, kollektör alanı 50 m² ve referans sıcaklık 90 °C olarak alınmıştır. İnceleme Haziran ayı için yapılmış ve hem by-pass hattı kullanılması hem de kullanılmaması durumunda gün içinde çalışma saatlerinde ne kadar güneş enerjisinden yararlanıldığı sırasıyla Çizelge 4 ve Çizelge 5’de verilmiştir.

Çizelge 4 ve Çizelge 5 incelendiğinde, by-pass hattı kullanılmaması durumunda depodaki suyun sıcaklığının daha hızlı bir şekilde yükseldiği görülebilmektedir. Çizelge 5’de gösterildiği gibi, by-pass hattı kullanılmadığı zaman, kaynatıcıdan dönen sıcak su depo sıcaklığından yüksek olduğu için taşıdığı enerjiyi depoya vermekte ve bu da depo sıcaklığının hızlı bir şekilde yükselmesine sebep olmaktadır. Yani, Çizelge 5’de verilen negatif değerler, depodan herhangi bir enerji çekilmediğini, aksine kaynatıcıdan dönen su sıcaklığı depo sıcaklığından yüksek olduğu için, faydalı enerji gibi etki ettiğini göstermektedir. Çizelgelere bakılırsa by-pass hattı kullanılmaması durumunda günün ilerleyen saatlerinde güneş enerjisinden daha fazla oranda yararlanıldığı yani FNP oranının daha yüksek olduğu görülebilmektedir. By-pass hattı kullanılması durumunda depodan hiçbir enerji çekilmemekte fakat aynı zamanda kaynatıcıdan dönen sıcak suyun enerjisinden de yararlanılamamaktadır. Bu durumda, çalışmanın ilk 3 saati için belki biraz daha küçük kapasitede yedek enerji kaynağı ısıl gücü kullanılmakta fakat çalışmanın ilerleyen saatlerinde depo sıcaklığı daha düşük olduğu için by-pass hattı kullanılmaması durumuna göre daha büyük kapasitelerde yedek enerji ısıl gücüne ihtiyaç duyulmaktadır.

Çizelge 4. By-pass hattı kullanılması durumunda çeşitli parametrelerin değişimi

SAAT	Q _L (kW)	T _{depo} (°C)	Q _y (kW)	Q _{kay} (kW)	FNP (%)
10	-	74.35	26.17	13.478	-
11	-	77.20	13.478	13.478	-
12	-	80.07	13.478	13.478	-
13	-	82.48	12.57	13.478	7
14	0.91	83.93	10.14	13.478	25
15	3.33	83.75	10.45	13.478	23
16	3.03	82.92	11.84	13.478	12
17	1.64	82.41	12.70	13.478	6

Çizelge 5. By-pass hattı kullanılmaması durumunda çeşitli parametrelerin değişimi

SAAT	Q_L (kW)	T_{depo} (°C)	Q_y (kW)	Q_{kay} (kW)	FNP (%)
10	-	74.35	26.17	13.478	-
11	-12.69	80.12	16.52	13.478	-
12	-3.04	83.46	10.94	13.478	19
13	2.54	85.03	8.31	13.478	38
14	5.16	85.30	7.85	13.478	42
15	5.63	84.49	9.22	13.478	32
16	4.26	83.37	11.08	13.478	18
17	2.39	82.68	12.23	13.478	9

Sonuç olarak, güneş enerjisi kaynaklı absorpsiyonlu soğutma sistemi kullanılması durumunda kollektör cinsi olarak yüksek verime sahip seçici yüzeyli kollektörler kullanılmasının ve depo tank hacminin ise çalışma saati sonundaki depo sıcaklığını çok fazla düşürmeyecek şekilde minimumda tutulmasının uygun olacağını söyleyebiliriz. Günümüzde otomatik kontrol sistemlerinin gelişimi ile birçok alanda kullanımı mümkün olan by-pass hattının ise bu sistemde herhangi bir yarar sağlamadığı elde edilen sonuçlardan görülmüştür. Bu konuda ileriki aşamalarda, değişik by-pass sistemleri, çok kademeli absorpsiyonlu sistemler ve yoğunlaştırıcı toplayıcılar ile yapılacak olan simülasyon çalışmaları faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Blinn J.C. (1979): "Simulation of Solar Absorption Air Conditioning", Master's Thesis, University of Wisconsin-Madison, p. 126.
- Duffie J.A., Beckman W.A. (1980): "Solar Engineering of Thermal Processes", A Wiley-Interscience Publication, University of Wisconsin-Madison, p. 326-349.
- Ergül E. (1991): "Simulation of a Solar-Aided R 22-DEGDME Absorption Heat Pump System", Master's Thesis, Ankara, p. 109.
- İleri A. (1995): "Yearly Simulation of Solar-Aided R 22-DEGDME Absorption Heat Pump System", Solar Energy, 55(4), 255-265.
- İleri A. (1997): "A Discussion on Performance Parameters for Solar-Aided Absorption Cooling Systems", Renewable Energy, 10(4), 617-624.
- Kılıç A., Öztürk A. (1983): "Güneş Enerjisi", Kipaş Dağıtımçılık, İstanbul, s. 331.
- Wardono B., Nelson R.M. (1995): "Simulation of a 20-ton LiBr / H₂O Absorption Cooling System", ASHRAE Transaction, 102(1), 96-103.
- Wijesundera N.E. (1997): "Thermodynamic Performance of Solar-Powered Ideal Absorption Cycle", Solar Energy, 61(5), 313-319.
- Wijesundera N.E. (1999): "Simplified Models for Solar-Powered Absorption Cooling Systems", Renewable Energy, 16, 679-684.
- Wijesundera N.E. (2000): "An Irreversible-ThermoDynamic Model for Solar-Powered Absorption Cooling Systems", Solar Energy, 68(1), 69-75.