



## BİR OTELDE İKLİMLENDİRME SİSTEMİNE ENTEGRE EDİLMİŞ GÜNEŞ DUVARLARININ ENERJİ EKONOMİSİNE KATKISININ ARAŞTIRILMASI

Nihal İŞILAK<sup>\*1</sup>, Prof. Dr. Mustafa ACAR<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Emniyet Genel Müdürlüğü, Ankara

<sup>2</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Isparta

### Makale Bilgisi

Geliş tarihi: 24.07.2019  
Kabul Tarihi: 09.07.2021  
Yayın tarihi: 09.07.2021

### Anahtar Kelimeler;

Güneş Duvarı, Enerji  
Tasarrufu, Sera Gazı  
Salınımı Azaltılması

### ÖZET

Bu çalışmada İzmir ili içerisinde bulunan bir otelin ısıtma ve sıcak su ihtiyacında kullanılan fosil tabanlı enerjisinin azaltılması amacıyla güneş duvarlarının sisteme katkısı araştırılmıştır. Binanın mimaride kapalı olan güney cephesine 500m<sup>2</sup> güneş hava kolektörü kurulması tasarlanmıştır. Otelin tüm yıl için ay, gün ve saatlik enerji ihtiyacı Carrier HAP 5.1. programı ile hesaplanmıştır. Güneş hava kolektörünün metrekaşe başına tüm yıl için saatlik alabileceği güneş radyasyonunun değerleri elde edilmiştir. Elde edilen değerlere göre otelde kullanılacak dört farklı iklimlendirme sistemi için yıllık fosil yakıt enerji tasarrufu, ilk yatırım maliyeti geri dönüş süreleri hesaplanmıştır. Kazan ve radyatör ısıtma sistemi, kazan ve doğrudan ısıtma sistemi, su kaynaklı VRF sistemi ve Tam havalı iklimlendirme sistemi için elde edilen enerji, bu enerji için kullanılan giderler hesaplanarak geri dönüş süreleri bulunmuştur. İzmir İli için en verimli sistem Su kaynaklı VRF sistemi bulunmuştur. Bu sistem için veriler 163798 kWh ve 3604 \$ kazanç sağlarken sistem için kurulan pompa ve fanın yıllık gideri 233 \$ ve 200 \$ bakım gideri ile net kazanç 3171 \$ olmakla birlikte yaklaşık 5,7 yıl içerisinde maliyeti geri kazandırmaktadır.

## INVESTIGATION OF THE SOLAR AIR COLLECTOR SYSTEM'S CONTRIBUTIONS TO ENERGY ECONOMY WHICH IS INTEGRATED INTO A HOTEL'S AIR CONDITIONING SYSTEM

### Article Info

Received: :24.07.2019  
Accepted: 09.07.2021  
Published: 09.07.2021

### Keywords;

Solar Wall, Energy  
Saving, Greenhouse  
Gas Emission  
Reduction

### ABSTRACT

In this work, the contribution of solar walls to reduce the fossil-based energy used in heating and hot water needs of a hotel in Izmir was investigated. Designed to install 500 m<sup>2</sup> solar air collector on the south side of the building. The amount of energy the hotel needs was calculated for a year in monthly, daily and hourly with Carrier HAP 5.1. program. Values of solar radiation that the solar air collector designed for application to the southern façade of the hotel may receive were calculated hourly per square meter per year. According to the obtained values, annual fossil fuel energy saving, initial investment cost and repayment periods were calculated for four different air conditioning systems to be used in the hotel. The energy obtained for the boiler and radiator heating system, boiler and floor heating system, water source VRF system and All-air system and the expenses used for this energy were calculated and return times were calculated. The most efficient system for İzmir Province Water source VRF system was found. The water-borne VRF system provides 163798 kWh and \$ 3604, while the pump and fan installed for the system have an annual cost of \$ 233 and a maintenance cost of \$ 200, so the net gain is \$ 3171 and repays itself in about 5.7 years.

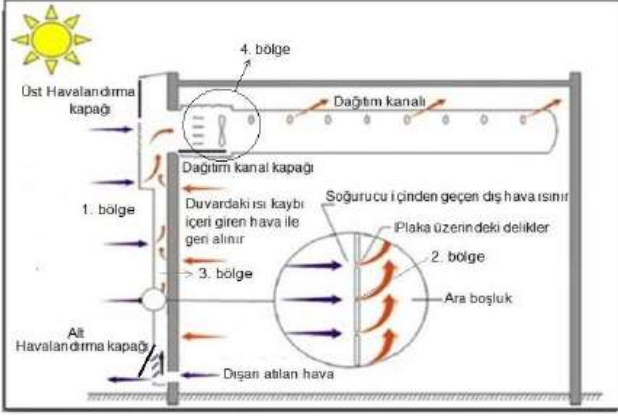
### 1.Giriş

Günümüzde tüm alanlarda kullanılan enerji kaynağının büyük bir bölümünü fosil yakıtlar oluşturmaktadır. Isınma ihtiyacının karşılanması, hızla gelişen teknoloji, büyüyen sanayi, ulaşım araçlarının artması gibi nedenlerden dolayı fosil yakıtlar tükenme belirtileri göstermekte birlikte bu yakıtların kullanımı ile ortaya çıkan çeşitli zararlı

gazlar sebebiyle çevreyi ve atmosferi kirletmektedir. Bu sebeplerden dolayı fosil yakıtlara alternatif olarak önceki dönemlerden bu zamana yenilenebilir enerji önem kazanmıştır. Yenilenebilir enerji fosil yakıtlara göre sürdürülebilir olmakla birlikte potansiyel olarak yer yüzünde bulunan atıl durumdaki doğal kaynakların enerjiye dönüşmesini sağlamaktadır. Bu doğal kaynakların en başında ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının dolaylı yönden oluşmasını



Yer kısıtlamaları, iklim koşulları, delik adımı ve çapı, yüzey kaplaması ve fan gücü gibi etkenler güneş hava kolektörlerinin çalışmasını etkileyen önemli faktörlerdir (Augustus, 2007).

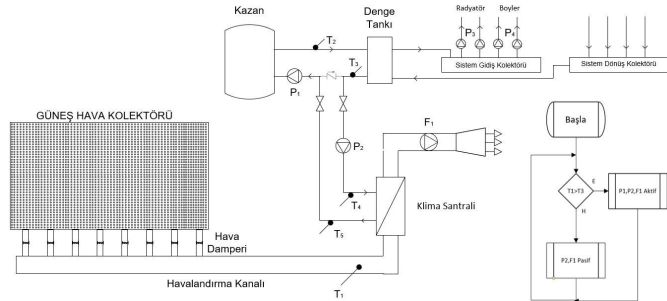


Şekil 3. Güneş duvarının çalışma prensibi (Solarwall, 2013)

### 3. Araştırma Bulguları

#### 3.1. Model Çalışması

Bu çalışmadaki amaç, güneş enerjisinden yararlanılarak İzmir’de bir Butik Otel binasının mahal ısıtılmasında fosil tabanlı tüketimin azaltılmasıdır. Mimaride kapalı olan binanın güney cephesine 500 m<sup>2</sup> güneş hava kolektörü kurulması tasarlanmıştır. Bu sistemin çalışması için kolektörden gelecek sıcak havayı kazan dairesine kadar iletecek hava kanalları tasarlanmış, kolektörden hava kanalına sekiz adet toplama kanalı ve her bir çıkışa kanala eşit hava girmesini destekleyen hava damperleri koyulması tasarlanmıştır. Kanaldan geçecek olan sıcak havanın sisteme doğru aktarılması amacıyla kazan dairesine en yakın yerde bir klima santrali kullanılması planlanmıştır. Klima santralinden geçecek olan sıcak hava sistemdeki suyu ısıtarak pompa yardımıyla mahallerin ısınma ihtiyacını karşılayacaktır.



Şekil 4. Sistem genel yapısı ve akış diyagramı

Güneş hava kolektöründen gelen havanın sıcaklığı ( $T_1$ ), ısıtma sistemi dönüş suyu sıcaklığından ( $T_3$ ) yüksek ise güneş kolektöründen gelen hava sisteme dahil edilmektedir ( $P_1$ ,  $P_2$ ,  $F_1$  çalışmaktadır).  $T_1$  sıcaklığı  $T_3$ 'ten küçük ise kolektörden gelen hava sisteme dahil edilmeyerek ( $P_2$ ,  $F_1$  kapalı halde bulunmaktadır). Yaz aylarında ise bina içerisinde

ısıtma ihtiyacı olmadığından radyatörlerin bağlı olduğu pompa da ( $P_3$ ) çalışmayacaktır. Bu dönemde güneş hava kolektöründe yeterli sıcaklık olduğunda  $P_4$  boyler pompası ile  $F_1$  fanı ve  $P_2$  pompası çalışacaktır.

Binada yapılması öngörülen dört farklı ısıtma sistemi için ısı kaybı hesaplarımızdan faydalanarak kullanılan sistemin dönüşüne güneş hava kolektörü entegre edilmiş ve sisteme katkısı, geri dönüş süresi hesaplanarak karşılaştırılmıştır.

#### 3.2. Çalışmada Seçilen İlin Coğrafi ve İklimsel Özellikleri

Çalışmada seçilen İzmir bölgesinin coğrafi özellikleri ve güneş ışınımı verilerinin bilinmesi gerekmektedir. İzmir ili 38° 24' Enlemleri 27° 8' Boyamları arasında yer almaktadır. İzmir ilinde Akdeniz iklimi hakimdir. Yaz ayları sıcak ve kurak, kış ayları ılık ve bol yağışlı, bahar ayları ise geçiş özelliği göstermektedir. Günlük güneşlenme potansiyeli yüksektir.

Tablo 1. İzmir için ortalama aylık dış hava sıcaklığı değerleri (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2019)

AYLAR	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A
Dış Hava Sıcaklığı (°C)	8.7	9.5	11.6	15.8	20.8	25.5	28.0	27.6	23.6	18.7	14.1	10.4

#### 3.3 Örnek Otel Bina Bilgileri

Referans bina katlarındaki otel odalarının ve ortak kullanım alanlarının ısıtma ihtiyacı 4 farklı sistem kullanıldığı düşünülerek hesaplamalar yapılmıştır. Ele alınan binanın proje kat planları Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. İzmir ilinde butik otel olarak kullanılacak binanın kat planları (normal katlar, asma kat, zemin kat)

Referans binanın kullanım amacı işletmedir. Bina için ısıtılması için öngörülen 4 sistemde kullanılan enerji kaynakları; kazan ve radyatörlü sistem, kazan ve döşemeden ısıtma sistemleri için doğalgaz kullanılmış diğer sistem olan su kaynaklı VRF ısıtma sistemi R4-10A soğutucu akışkan kullanılmış tam havalı ısıtma sistemi için taze hava kullanılması varsayılmıştır. Bina iç hava sıcaklığı konfor değeri ısıtma sistemleri için 22°C olarak alınmıştır. Çalışmada var olan ısıtma sistemine entegre edilecek tasarım olarak binanın güney cephesine “güneş hava kolektör sistemi” uygulaması ile sistemi desteklemesi varsayılmıştır. Bu varsayımda, güneş hava kolektör sistemi uygulanan mahallerde sezon boyunca iç ısı konforun sağlandığı kabul edilmiştir (Yasan S.A., 2011). Varsayılan bu durumun ısıtma, soğutma ve aydınlatma yükleri Carrier HAP 5.1 programı ile hesaplanmıştır.

**Tablo 2.** Sistem içerisindeki yapı elemanlarının ve pencerelerin yüzey alanları

Yapı Elemanlarının Yüzey Alanları	
Dış duvar, kolon ve giriş toplam alanı	690,09 m <sup>2</sup>
Dış duvar- Dolgu (BİMS) alanı	1287,08 m <sup>2</sup>
Toprak temaslı duvar alanı	434,91 m <sup>2</sup>
Toprak temaslı taban alanı	600,00 m <sup>2</sup>
Üzeri açık tavan (Teras)	617,00 m <sup>2</sup>
Açık geçit üzeri taban alanı	32,00 m <sup>2</sup>
Dış kapı alanı	19,69 m <sup>2</sup>
Çatı Alanı	0,00 m <sup>2</sup>
Pencere Yüzey Alanları	
Güney ve ön cephe	0,00 m <sup>2</sup>
Kuzey ve Arka cephe	319,93 m <sup>2</sup>
Batı ve Sol cephe	120,88 m <sup>2</sup>
Doğu ve Sağ cepe	102,08 m <sup>2</sup>
Toplam pencerelerin alanı	542,89 m <sup>2</sup>
Bina yüksekliği	20,50 m
Bina brüt hacmi	12300,00 m <sup>3</sup>

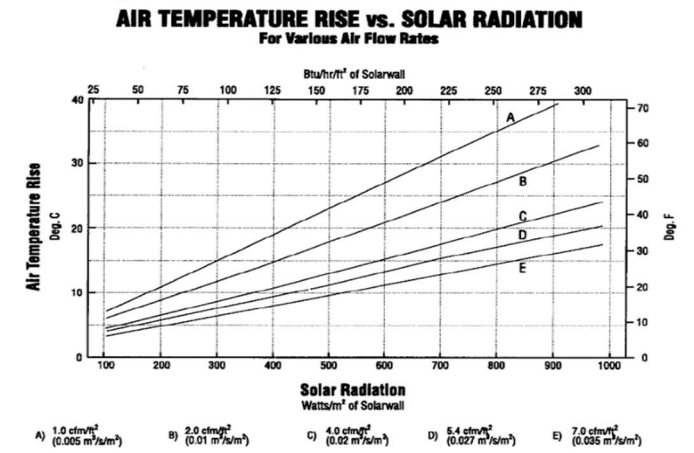
Yukarıdaki tabloda binanın pencere ve yüzey alanları ve bina brüt hacim bilgileri verilmiştir. Bina için ısıtma yapılacak kullanım alanı 3750 m<sup>2</sup>'dir. Katlara ilişkin açıklamalar aşağıda verilmiştir;

- 1-2-3-4. katlar: her katın alanı 558,41 m<sup>2</sup> olup, 36 odayı kapsamaktadır.
- Zemin kat: 558,41 m<sup>2</sup> olup, ortak kullanım alanlarını kapsamaktadır. Burada oturma salonu, yönetim odası, lobby, çocuk oyun alanı, personel dinlenme odası bulunmaktadır.
- Asma kat: 440,3 m<sup>2</sup> olup, ortak kullanım alanlarını kapsamaktadır. Burada televizyon salonu, kahvaltı salonu, kahvaltı ofisi, çocuk bakım alanı bulunmaktadır.
- Bodrum Kat: 558,41 m<sup>2</sup> olup, kazan dairesi, hidrofor odası, depolar ve sığınak bulunmaktadır. Bütün katlarda asansör holü, lavabo, tuvalet, yangın merdiveni bulunmaktadır.

### 3.4.Otelin Isı Yükü Hesabı

Binanın ısı kaybı hesabı yapılırken tüm mahallerin duvarlarından iletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen, pencere ve kapıların boşluklarından sızıntı yoluyla gerçekleşen ısı kayıpları hesaplanarak toplam ısı kaybı bulunur.

Isıtma yapılacak binanın ısı kaybı hesap çizelgesi hazırlanır. Buradaki hesaplarda mahallerin belirlenen sıcaklıkta sabit kalabilmesi için gerekli ısı yükü bulunur. Odadan dışarıya kaybedilen ısı miktarı kadar hesaplanan saatlik ısı kaybı odaya verilmelidir (Karakoç, 2006). Güneş kava kolektöründen geçen hava debisinin hesaplanması için Şekil 6’te kanal çıkış hava sıcaklığına bağlı hava debisi eğrisi verilmiştir.



**Şekil 6.** Güneş hava kolektöründen geçen hava debisine bağlı olarak çıkış havası sıcaklık artışı

Şekil 6’te görüldüğü üzere kolektörden geçirilebilecek hava debisi 20 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup> ile 140 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup> arasında değişmektedir. Güneş hava kolektörü üzerinden geçirilen hava debisi arttıkça hava çıkış sıcaklığı düşmektedir. Bu binada düşünülen 500 m<sup>2</sup>’lik güneş hava kolektöründen 30000 m<sup>3</sup>/h (60 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup>), 20000 m<sup>3</sup>/h (40 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup>), 10000 m<sup>3</sup>/h (20 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup>) hava debileri için elde edilebilecek hava çıkış sıcaklıkları hesaplanmıştır. Kolektör hava çıkış sıcaklığının olabildiğince yüksek olabilmesi için nihai hesaplarda hava debisi 10000 m<sup>3</sup>/h alınmıştır (aşağıdaki diğer 4 farklı ısıtma sistemlerinde de bu değer esas alınarak sonuçlar elde edilmiştir). Havalı güneş kolektörü açık sistem olarak incelenir. Enerji dengesi, sürekli rejim şartlarında şu şekilde ifade edilmektedir;

$$Q_u = \rho \times V \times C_p (T_{\check{c}} - T_g) \quad (8.3)$$

$Q_u$  = Kolektörden alınan kullanılabilir enerji (W)  
 $\rho$  = Havanın debisi (kg/ m<sup>3</sup>)



$C_p$  = Havanın sabit basınçtaki özgül ısısı (J/kgK)  
Eşitlik (8.3)'teki havanın kütesel debisi

$$\dot{m} = v \rho \quad (8.4)$$

şeklinde yazılır. Eşitlikteki hacimsel debi ifadesi

$$v = A v \quad (8.5)$$

şeklinde ifade edilir. Eşitliklerdeki;

$v$  : Hacimsel debi ( $m^3/sn$ )      $v$  : Havanın hızı ( $m/s$ )  
 $\rho$  : Havanın yoğunluğu ( $kg/m^3$ )      $A$  : Alan ( $m^2$ )

Güneş hava kolektörün kullanım amacı tüketimi azaltarak verim elde etmektedir. Verim kolektörden toplanan kullanılabilir enerjinin, aynı sürede kolektör yüzeyine dik olarak gelen güneş enerjisine oranı olarak tarif edilmektedir.

$$\eta = \frac{Q_u / A_c}{GT} \quad (8.6)$$

$$\eta = \frac{mcp (T_c - T_g)}{GTA_c} \quad (8.7)$$

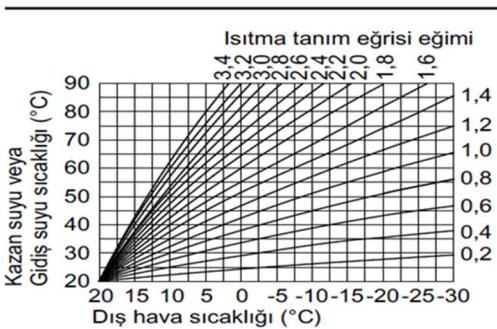
biçiminde de ifade edilebilir. Burada,  $\eta$  verimi göstermektedir (Turgut,1995).

### 3.5.Otel için öngörülen ısıtma sistemleri

Isıtma sistemi seçimi ve projelendirilmesi ısı kaybı hesaplarından sonra yapılmaktadır.

#### 3.5.1. Kazan ve Radyatör Isıtma Sistemi

'Binaların Enerji Performansı Yönetmeliği'nde kullanım alanı  $2000 m^2$ 'yi geçen binalarda merkezi ısıtma yapılması zorunlu hale getirilmiştir (TS 825,2013). Bireysel ısıtma olan bu sistemde her katın ve katlarda bulunan odaların bağımsız olarak ısıtılması amaçlanmaktadır. Şekil 7'de dış hava sıcaklığına bağlı ısıtma eğrisi verilmiştir (Gassero Isı Teknolojileri)



Şekil 7. Dış hava sıcaklığına bağlı ısıtma tanım eğrisi (Gassero Isı Teknolojileri)

Şekil 7'de görüldüğü üzere kazan çıkış suyu sıcaklığı ile ona bağlı olarak dönüş suyu sıcaklığı ne kadar düşük olursa kazan verimliliği o kadar yüksek olmaktadır. Şekil 6.'da görüldüğü üzere 50/40°C gibi bir ısıtma rejimi İzmir şartlarında 1.2 eğriye denk gelmektedir. Bu eğri incelendiğinde dış hava sıcaklığı  $-3^{\circ}C - 0^{\circ}C$  arasında kazan çıkış suyu sıcaklığı  $50^{\circ}C$ ,  $0^{\circ}C - +5^{\circ}C$  arasında  $45^{\circ}C$ ,  $+5^{\circ}C - +10^{\circ}C$  arasında  $40^{\circ}C$ ,  $+10^{\circ}C - +15^{\circ}C$  arasında  $35^{\circ}C$  olduğu görülmektedir. Sistemden kazana dönüş suyu sıcaklığı ise yaklaşık olarak  $10^{\circ}C$  daha düşük olacaktır. Diğer sistemler için de bu hususlar geçerlidir.

Tablo 3. Kazan ve radyatör ısıtma sistemine ait veriler

Ay	Gün	Saat	Dış Hava Kuru Termometre Sıcaklığı (°C)	Toplam Isı Yüklü Q <sub>t</sub> (kWh)	Kolektör Yüzey Alanına Düşen Güneş Radyasyonundan Elde Edilen Termal Enerji, Q <sub>u</sub> (kWh)	Isıtma Sistemi Çıkış Sıcaklığı (°C)	Isıtma Sistemi Dönüş Sıcaklığı (°C)	Güneş Hava Kolektörü Hava Çıkış Sıcaklığı V=10000 m <sup>3</sup> /h	Güneş Hava Kolektörünün Sisteme Katkısı Q <sub>coll</sub> (kWh)
Jan	1	0	4	68	0	50	40	4	0
Jan	1	1	5,4	73	0	50	40	5	0
Jan	1	2	6,8	74	0	45	35	7	0
Jan	1	3	7,8	69	0	45	35	8	0
Jan	1	4	8,3	77	0	45	35	8	0
Jan	1	5	8,6	77	0	45	35	9	0
Jan	1	6	8,7	131	0	45	35	9	0
Jan	1	7	9	129	0,8	45	35	9	0
Jan	1	8	8,4	118	14,3	45	35	13	0
Jan	1	9	8	112	42,7	45	35	22	0
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Dec	31	14	4,6	51	51,1	50	40	3	0
Dec	31	15	5	54	26,7	50	40	2	0
Dec	31	16	4	64	4,4	50	40	2	0
Dec	31	17	3	78	0	50	40	2	0
Dec	31	18	2	88	0	50	40	2	0
Dec	31	19	1,7	108	0	50	40	2	0
Dec	31	20	1,7	139	0	50	40	3	0
Dec	31	21	1,7	138	0	50	40	5	0
Dec	31	22	2	134	0	50	40	3	0
Dec	31	23	2,7	76	0	50	40	2	0
Toplam=				518687				Toplam=	136744

Tablo 3'te görüldüğü üzere bu binada kazan ile radyatör ve sıcak kullanma suyu sistemine güneş hava kolektörü entegre edildiğinde sistemi destekleme oranı enerji olarak %26.45 olmaktadır. Bunun parasal değeri 2063 USD/yıl civarındadır. Güneş hava kolektörü kurulum maliyeti 18.200 USD olduğu ve buna göre sistemin geri dönüş süresi 8.8 yıl olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak radyatörlü kazan sistemini bir güneş hava kolektörü ile desteklemek kesinlikle fizibil olmamaktadır. Bunun sebebi kazana dönüş suyu sıcaklığının  $30^{\circ}C$ 'nin altına yılın çok az süresinde inebilmesi ve güneş hava kolektörü çıkış hava sıcaklığının da  $30^{\circ}C$ 'nin üzerine yılın çok az süresinde çıkabilmesi ile yukarıda açıklanan kısıtlardır. Sonuç olarak İzmir iklim şartlarında kazan ve radyatörlü bir sistemin güneş hava kolektörü ile desteklenmesi mümkün değildir. Daha soğuk iklimlerde ise bu sistemden fayda sağlamak olanaksız görülmektedir.

#### 3.5.2. Kazan ve Döşemeden Isıtma Sistemi

Döşemeden ısıtma sistemleri yüzey alanını genişletip, sıcaklık değerlerini düşürerek daha az enerji harcanmasını sağlamaktadır. Konforlu ısı dağılımı sağlaması amaçlanan döşemeden ısıtma

sistemi, döşeme altına yerleştirilen borulardaki dolaşan sıcak suyun ısısının döşeme yüzeyinden iç ortama iletilmesiyle homojen bir ısı dağılımı sağlanmaktadır (Doğan, 2012).

İzmir şartlarında döşemeden ısıtma sistemi su rejimi (-3C tasarım dış hava sıcaklığı için) 40/30°C seçilmiştir. Bu durum Şekil 6.'daki kompanzasyon eğrilerinden 0.8 eğriye denk gelmektedir. Şekil 6'daki 0.8 eğrisi incelendiğinde dış hava sıcaklığı -3°C - 0°C arasında kazan çıkış suyu sıcaklığı 40°C, 0°C - +5°C arasında 35°C, +5°C - +10°C arasında 30°C, +10°C - +15°C arasında 27°C civarında olduğu görülmektedir. Sistemden kazana dönüş suyu sıcaklığı ise yaklaşık olarak 10°C daha düşük olacaktır. 10000 m<sup>3</sup>/h hava debisi ve kazan ile döşemeden ısıtma sistemi için hesaplar Tablo 4'te verilmiştir.

**Tablo 4.** Kazan ve döşemeden ısıtma sistemine ait veriler

Ay	Gün	Saat	Dış Hava Kuru Termometre Sıcaklığı (°C)	Toplam Isı Yüklü Q, (kWh)	Kolektör Yüze Alanına Düşen Güneş Radyasyonunda Elde Edilen Termal Enerji, Qu (kWh)	Isıtma Sistemi Çıkış Sıcaklığı (°C)	Isıtma Sistemi Dönüş Sıcaklığı (°C)	Güneş Hava Kolektörü Hava Çıkış Sıcaklığı V=10000 m <sup>3</sup> /h	Güneş Hava Kolektörünün Sisteme Katkısı Q, coll. (kWh)
Jan	1	0	4	68	0	40	30	4	0
Jan	1	1	5,4	73	0	40	30	5	0
Jan	1	2	6,8	74	0	35	25	7	0
Jan	1	3	7,8	69	0	35	25	8	0
Jan	1	4	8,3	77	0	35	25	8	0
Jan	1	5	8,6	77	0	35	25	9	0
Jan	1	6	8,7	131	0	35	25	9	0
Jan	1	7	9	129	0,8	35	25	9	0
Jan	1	8	8,4	118	14,3	35	25	13	0
Jan	1	9	8	112	42,7	35	25	22	0
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Dec	31	14	4,6	51	51,1	40	30	3	0
Dec	31	15	5	54	26,7	40	30	2	0
Dec	31	16	4	64	4,4	40	30	2	0
Dec	31	17	3	78	0	40	30	2	0
Dec	31	18	2	88	0	40	30	2	0
Dec	31	19	1,7	108	0	40	30	2	0
Dec	31	20	1,7	139	0	40	30	3	0
Dec	31	21	1,7	138	0	40	30	5	0
Dec	31	22	2	134	0	40	30	3	0
Dec	31	23	2,7	76	0	40	30	2	0
Toplam=				518687		Toplam=		168085	

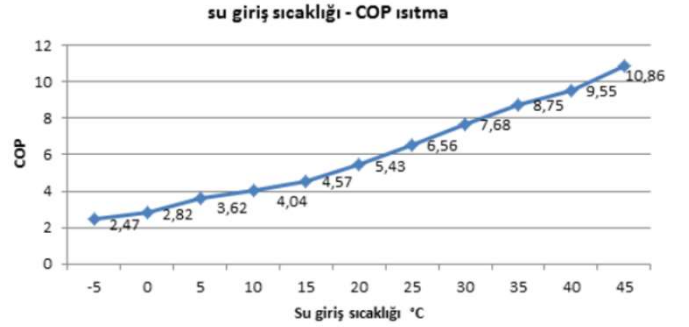
Tablo 4.'te görüldüğü üzere kazan ile döşemeden ısıtma ve sıcak kullanım suyu sistemine güneş hava kolektörü entegre edildiğinde sistemi destekleme oranı enerji olarak %32.5 olmaktadır. Bunun parasal değeri 2500 USD/yıl hesaplanmıştır. Güneş hava kolektörü kurulum maliyeti 18.200 USD olduğu ve buna göre sistemin geri dönüş süresi 7.5 yıl olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak; kazan ve döşemeden ısıtma sistemini bir güneş hava kolektörü ile desteklemek yeterince fizibil olmamaktadır. Bunun sebebi kazana dönüş suyu sıcaklığının 25°C altına yılın çok az zamanında inebilmesi ve güneş hava kolektörü çıkış hava sıcaklığının da 25°C üzerine yılın çok az zamanında çıkabileceğidir. Daha soğuk iklimlerde bu dezavantajların artacağını düşündüğümüzde sistemin çok verimli olmayacağı öngörülmektedir.

### 3.5.3. Su Kaynaklı VRF Isıtma Sistemi

VRF Klima Sistemi; bir dış ünite ile birden çok iç ünitenin kontrol edilebildiği sistemlerdir. Sistemde bulunan soğutucu akışkanı doğru zamanda ihtiyaç

duyulan iç üniteye sevk ederek ısıtma ve/veya soğutmada kullanılması sağlanır.

Dış ortamın -20°C'ye kadar olan sıcaklıklarda dahi mahal ısıtması yapabilmektedir. Hava sıcaklığı artmasıyla ısıtma performansı artış göstermektedir. Su kaynaklı VRF ısıtma sisteminin tipik verim eğrisi Şekil 8'de verilmiştir. Bu sistemler ısıtmada sezonluk COP değeri 4,5 değerinin üzerinde olduğunda doğalgazlı ısıtma sistemlerine göre daha verimli olabilmektedir. Bu sistemlerde VRF dış ünite primer devre su sıcaklık farkı 5°C'dir. Şekil 8'de görüldüğü üzere ısıtma sezonunda suyun dış üniteye giriş sıcaklığı 25°C olduğunda VRF sistemi COP değeri 5,5 civarında olmaktadır. Bu durumda dönüş suyu sıcaklığı 20°C olacaktır. 22,5°C ortalama su sıcaklığında ortalama COP değeri 5,43 olmaktadır. 20°C su sıcaklığının elde edilebilmesi veya bir kısmının desteklenmesi için güneş radyasyonunun olduğu gündüz saatlerinde güneş hava kolektörü ile radyatör ve döşemeden ısıtma sistemlerine göre daha kolaydır.



**Şekil 8.** Isıtmada besleme suyu giriş sıcaklığına bağlı verim değişimi eğrisi

Sistemin dış ünitesi ısıl enerjiyi güneş hava kolektöründen alacaktır, bu enerjinin soğutucu gazı aktararak gazın yoğunlaşması için cihaz kompresöründe elektrik tüketilmektedir. Tüketilecek bu elektrik enerjisi cihazın COP değeri ile orantılı olmaktadır. Hesaplanan değerler tablolarda verilmiştir.

**Tablo 5.** Su kaynaklı VRF ısıtma sistemi

Ay	Gün	Saat	Dış Hava Kuru Termometre Sıcaklığı (°C)	Toplam Isı Yüklü Q, (kWh)	Kolektör Yüze Alanına Düşen Güneş Radyasyonunda Elde Edilen Termal Enerji, Qu (kWh)	Isıtma Sistemi Çıkış Sıcaklığı (°C)	Isıtma Sistemi Dönüş Sıcaklığı (°C)	Güneş Hava Kolektörü Hava Çıkış Sıcaklığı V=10000 m <sup>3</sup> /h	Güneş Hava Kolektörünün Sisteme Katkısı Q coll. (kWh)
Jan	1	0	4	68	0	25	20	4	0
Jan	1	1	5,4	73	0	25	20	5	0
Jan	1	2	6,8	74	0	25	20	7	0
Jan	1	3	7,8	69	0	25	20	8	0
Jan	1	4	8,3	77	0	25	20	8	0
Jan	1	5	8,6	77	0	25	20	9	0
Jan	1	6	8,7	131	0	25	20	9	0
Jan	1	7	9	129	0,8	25	20	9	0
Jan	1	8	8,4	118	14,3	25	20	13	0
Jan	1	9	8	112	42,7	25	20	22	6
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Dec	31	14	4,6	51	51,1	25	20	3	4
Dec	31	15	5	54	26,7	25	20	2	0
Dec	31	16	4	64	4,4	25	20	2	0
Dec	31	17	3	78	0	25	20	2	0
Dec	31	18	2	88	0	25	20	2	0
Dec	31	19	1,7	108	0	25	20	2	0
Dec	31	20	1,7	139	0	25	20	3	0
Dec	31	21	1,7	138	0	25	20	3	0
Dec	31	22	2	134	0	25	20	3	0
Dec	31	23	2,7	76	0	25	20	2	0
Toplam=				518687		Toplam=		163798	

Tablo 5.'te görüldüğü üzere VRF Isıtma sistemine güneş hava kolektörü entegre edildiğinde sistemi destekleme oranı enerji olarak %31.6 olmaktadır. Bunun parasal değeri 3.171 USD/yıl hesaplanmıştır. Güneş hava kolektörü kurulum maliyeti 18.200 USD olduğu ve sistemin geri dönüş süresi 5.7 yıl olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak; İzmir şartlarında su kaynaklı VRF sistemini güneş hava kolektörü ile desteklemek uygun olabilmektedir. Destek oranı güneş radyasyonuna bağlı olarak daha soğuk iklimlerde düşebilmektedir.

### 3.5.4. Tam Havalı İklimlendirme Sistemi (ALL AIR)

Soğutulan ya da ısıtılan hava havalandırma kanalından ilgili zonlara gönderilerek istenilen konfor şartlarında ısıtma veya soğutma yapılması sağlanır. Tam havalı iklimlendirme sistemleri uygulandıkları iç hacimde ön ısıtma, tüm duyulur ısı, nemlendirme, gizli ısı yüklerini, nem alma işlemlerini hava ile karşılayıp, bu alanların iklimlendirilmesini sağlamaktadır. Isıtmanın karşılanması merkezi veya belirli zonlarla yapılabilmektedir. Kanallı sistemlerde kanallar aracılığıyla ile homojen hava dağılımının sağlanması için üzerinde bulunan dağıtıcı menfezlerin yerleri ve yükleri önem taşımaktadır (Aktacir).

Bu sistemlerde mahal ısıtması ısı geri kazanımlı tam havalı klima santralleri ile yapılmaktadır. Klima santralleri karışım havası kullanır. Mahaldeki insan sayısına göre ihtiyaç olan taze hava dışarıdan alınır, buna karşılık gelen kirli hava dışarı atılır. Dışarıdan alınan hava bir ısı geri kazanım ünitesinden geçirilerek ön ısıtma sağlanır.

Mahal sıcaklığı 22°C, üfleme havası sıcaklığı genellikle 32°C'dir. Kullanılacak mahallerin ısı ihtiyacı ve kirlilik durumuna göre hava miktarı azaltılır veya çoğaltılır.

**Tablo 6.** Tam havalı iklimlendirme sistemine ait veriler

Ay	Gün	Saat	Dış Hava Kuru Termometre Sıcaklığı (°C)	Toplam Isı Yükü Q <sub>t</sub> (kWh)	Kolektör Yüze Alanına Düşen Güneş Radyasyonundan Elde Edilen Termal Enerji, Q <sub>g</sub> (kWh)	Isıtma Sistemi Çıkış Sıcaklığı (°C)	Isıtma Sistemi Dönüş Sıcaklığı (°C)	Güneş Hava Kolektörü Hava Çıkış Sıcaklığı V=10000 m <sup>3</sup> /h	Güneş Hava Kolektörünü n Sisteme Katkısı Q <sub>coll</sub> (kWh)
Jan	1	0	4	68	0	25	20	0	0
Jan	1	1	5,4	73	0	25	20	5	0
Jan	1	2	6,8	74	0	25	20	7	0
Jan	1	3	7,8	69	0	25	20	8	0
Jan	1	4	8,3	77	0	25	20	8	0
Jan	1	5	8,6	77	0	25	20	9	0
Jan	1	6	8,7	131	0	25	20	9	0
Jan	1	7	9	129	0,8	25	20	9	0
Jan	1	8	8,4	118	14,3	25	20	13	0
Jan	1	9	8	112	42,7	25	20	22	6
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Dec	31	14	4,6	51	51,1	25	20	3	4
Dec	31	15	5	54	26,7	25	20	2	0
Dec	31	16	4	64	4,4	25	20	2	0
Dec	31	17	3	78	0	25	20	2	0
Dec	31	18	2	88	0	25	20	2	0
Dec	31	19	1,7	108	0	25	20	2	0
Dec	31	20	1,7	139	0	25	20	3	0
Dec	31	21	1,7	138	0	25	20	5	0
Dec	31	22	2	134	0	25	20	3	0
Dec	31	23	2,7	76	0	25	20	2	0
Toplam=				518687				Toplam=	116304

Tablo 6'da görüldüğü üzere Tam Havalı iklimlendirme sistemine güneş hava kolektörü entegre edildiğinde sistemi destekleme oranı enerji olarak %22.47 olmaktadır. Bunun parasal değeri 2099 USD/yıl hesaplanmıştır. Güneş hava kolektörü kurulum maliyeti 18.200 USD olduğu ve sistemin geri dönüş süresi 8.6 yıl olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak; İzmir şartlarında tam havalı iklimlendirme sistemini güneş hava kolektörü ile desteklemek fizibil olmamaktadır. Destek oranı güneş radyasyonuna bağlı olarak daha soğuk iklimlerde düşebilmektedir.

## 4. Sonuç

İzmir ili içerisinde bulunan bir otelin ısıtma ve sıcak su ihtiyacında kullanılan fosil tabanlı enerjisinin azaltılması amacıyla güneş duvarlarının katkısı araştırılmıştır. Binanın güney cephesine 500m<sup>2</sup> güneş hava kolektörü kurulması için tasarlanan sistemin kuruluş maliyeti 26000\$ olarak hesaplanmıştır. Bu fiyat üzerinden devletin sağladığı Enerji Verimliliği Destekleri kapsamında Verimlilik Artırıcı Proje (VAP) desteği ile maliyetin %30'u oranında hibe alınarak toplam maliyet 18200 \$'a düşürülebilmektedir. Otelin tüm yıl için ay, gün ve saatlik enerji ihtiyacı Carrier HAP 5.1. programı ile hesaplanmıştır. Toplam ısınma ve kullanma sıcak su ihtiyacı için binanın yıllık doğalgaz tüketimi 518686 kWh parasal değeri 11411\$ olarak hesaplanmıştır. Yıllık 1386 ton/yıl karbon salınımı hesaplanmıştır. Kolektör yüzeyine gelen güneş radyasyonundan elde edilebilecek toplam enerji 325163 kWh hesaplanmıştır. Kolektör hava kanalından geçecek akışkanın hacimsel debisi 10000 m<sup>3</sup>/h olarak seçilmiştir ve bu değere göre kolektör çıkış sıcaklıkları hesaplanmıştır. Tasarlanan güneş hava kolektörü ile karbon salınımı 31 ton/yıl azaltılmıştır.

Elde edilen değerlere göre otelde kullanılacak dört farklı iklimlendirme sistemi için yıllık fosil yakıt enerji tasarrufu, ilk yatırım maliyeti geri dönüş süreleri hesaplanmıştır. Kazan ve radyatör ısıtma sistemi için 136744 kWh ve 3008 \$ kazanç sağlarken sistem için kurulan pompa ve fanın yıllık gideri 745 \$ ve 200 \$ bakım gideri ile net kazanç 2063 \$ olmakla birlikte yaklaşık 8,8 yıl içerisinde maliyeti geri kazandırmaktadır. Kazan ve döşemeden ısıtma sistemi için 168085 kWh ve 3698 \$ kazanç sağlarken sistem için kurulan pompa ve fanın yıllık gideri 942 \$ ve 200 \$ bakım gideri ile net kazanç 2500 \$ olmakla birlikte yaklaşık 7,5 yıl içerisinde maliyeti geri kazandırmaktadır. Su kaynaklı VRF sistemi için 163798 kWh ve 3604 \$ kazanç sağlarken sistem için kurulan pompa ve fanın yıllık gideri 233 \$ ve 200 \$ bakım gideri ile net kazanç 3171 \$ olmakla birlikte

yaklaşık 5,7 yıl içerisinde maliyeti geri kazandırmaktadır. Tam havalı iklimlendirme sistemi için 116304 kWh ve 2559 \$ kazanç sağlarken sistem için kurulan pompa ve fanın yıllık gideri 260 \$ ve 200 \$ bakım gideri ile net kazanç 2099 \$ olmakla birlikte yaklaşık 8,6 yıl içerisinde maliyeti geri kazandırmaktadır. Kazan ve döşemeden radyatörlü ve VRF sistemleri için güneş kolektör verimi %32,46 ve %31,64 oranları ile yaklaşık aynıdır. Fakat sistemlerin giderleri farklı olduğu için geri ödeme süreleri farklı olduğu görülmüştür.

**Tablo 7.** Sistemlerin karşılaştırılması

Sistem	Parasal Değer (\$)	Yıllık Gider (\$)	Geri Ödeme Süresi (Yıl)	Verim (%)
Kazan ve Radyatörlü	2063	950	8,8	26,45
Kazan ve Döşemeden Isıtma	2500	1142	7,5	32,46
VRF	3171	433	5,7	31,64
Tam Hava	2099	460	8,6	22,47

Karşılaştırılan dört ayrı ısıtma sistemi içerisinde en uygun olan su kaynaklı VRF sistemi ile otel ısıtılmasında güneş enerjisinden yararlanılarak kurulması planlanan havalı güneş kolektörlerinin İzmir iklimi koşullarında ısıtma sistemi olarak kullanılabilmesi ve iç ortam ısı konfor şartlarını karşılayabileceği sonucu ortaya çıkmaktadır. Sistem kendi maliyetini 5.7 sene gibi bir sürede çıkarmaktadır. Kullanım ömrü 20 sene olduğu göz önüne alınırsa iyi bir yatırım planı olarak görülmektedir.

Türkiye şartlarında 5 yıldan az geri dönüş süresi olan yatırımlar kısa vadeli geri dönüş süreli yatırımlar (fizibil kabul edilen yatırımlar) olarak, 5 -10 arasında geri dönüş süresi olan yatırımlar orta vadeli geri dönüş süreli yatırımlar, 10 yıldan uzun geri dönüş süresi olan yatırımlar uzun vadeli geri dönüş süreli yatırımlar olarak değerlendirilmektedir. Kısa vadeli yatırımlar genelde kabul görebilirken orta vadeli yatırımlar mal sahibinin değerlendirmesine göre kabul edilebilmekte veya edilmemektedir.

Burada binanın elektrik tüketimlerinin azaltılmasına yönelik bir işlem yapılmayacaktır. Eğer böyle bir şey arzu edilirse binanın çatısına çatı alanı ve bütçe olanakları çerçevesinde güneş PV sistemi kurulabilir.

## 5. Kaynaklar

- Aktacir, M. A., & Bulut, H. Tam havalı İklimlendirme Sistemlerinde Dış Hava Sıcaklık Kontrollü Serbest Soğutma Ve Enerji Analizi.
- Augustus Leon, M., Kumar, S., Mathematical modeling and thermal performance analysis of unglazed transpired solar collectors, *Solar Energy*, 81, 62-75, 2007.
- Barker, G., Kiatreungwattana, K., Pressure drop as a function of air flow rate for roll-punched transpired solar collectors with different porosities, *ASME 5th International Conference on Energy Sustainability*, 64-70, 2011.
- Doğan V., “Döşemeden (Yerden) Isıtma Sistemlerinde Hesap Yöntemi”, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 2012.
- Gassero Isı Teknolojileri, “Duvar Tipi Yoğuşmalı Kazanlar” Erişim Tarihi: 10/03/2019 <https://www.gassero.com/>
- Hollick, J.C., Unglazed solar wall air heaters, *Renewable Energy*, 5, 415-421, 1994.
- Karakoç H. , “Isı Kaybı Hesabı”, *Türk Tesisat Mühendisleri Derneği Dergisi*, 2006.
- Khanları A., 2013, Güneş Duvarı Sistemlerinin Dünyadaki Uygulamaları Ve Türkiye'deki Uygulanabilirliği, Hacettepe Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Turgut, O., “Güneş enerjisinden aktif olarak yararlanan dikey jaluzili pencere tasarımı ve deneysel olarak incelenmesi”, *Gazi Üniversitesi*, 1995.
- Yasan S.A., “Bina Tasarım Parametrelerinin Enerji Harcamalarına Etkilerinin Belirlenmesine Yönelik Bir Çalışma”, *İTÜ*, 2011.
- Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, erişim tarihi: 10.03.2019, <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/>