

# Gizli Depolu Güneş Enerjili Yeni Bir Sıcak Su Hazırlama Sisteminin Tasarımı, İmalatı ve Performans Deneyleri

## Designing, Manufacturing and Performance Experiments of a New Hidden Depot Solar Energy Hot Water Preparation System

Mustafa Aktaş, İlhan Ceylan, Hikmet Doğan

### Özet

Doğal dolaşımı güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemleri, estetik açıdan çatılarda uygun görünüm oluşturmamaktadır. Bu çalışmada, güneş enerjili su ısıtma sistemleri için, çatıdaki durumuna daha iyi bir görünüm sağlanması amaçlanmıştır. Bunun için, gizli depolu güneş enerjili yeni bir sıcak su hazırlama sistemi tasarlanmıştır ve imal edilmiştir. Sistemin performans deneyleri yapılmış ve kullanılabilirliği ortaya konulmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Güneş enerjisi, sıcak su hazırlama, güneş kolektörü, güneş pil.

### Abstract

*Solar energy natural circulation hot water preparation systems have not suitable appearance in terms of aesthetics on the roof. In this study, better appearance of the hot water preparation systems has been intended on the roof. For this aim, a new hidden depot solar energy hot water preparation system was designed and manufactured. Performance experiments of system were done and its availability was proven.*

**Key words:** Solar energy, hot water preparation, solar collector, solar cell.

### 1. Giriş

Konutlarda ve endüstride kullanma sıcak suyu hazırlamak amacıyla kullanılan güneş enerjili sistemler, gün geçikté yaygınlamaktadır. Güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemleri; kullanma sıcak suyu miktarına, bölgenin meteorolojik özelliklerine, mimari yapıya vb. birçok etkene bağlı olarak tasarlanmaktadır ve uygulanmaktadır. Güneş enerjili sistemler, temiz ve güvenilir olması, çevre sorunlarına neden olmaması gibi sebeplerle gittikçe önem kazanmaktadır.

Günümüzde, özellikle kullanma sıcak suyu hazırlamakta kullanılan güneş enerjili sistemlerin, çatı üzerinde önemli bir görüntü kirliliği yaratmakta olduğu görülmektedir. Bu problemin çözümü üzerine çeşitli çalışmalar yapılmış olsa da, bu çalışmalar uygulamada kendine yeterince yer bulamamıştır. Güneş enerjili bu sistemlerin aynı zamanda çatı üzerine montajı da önemli zorluklar doğurmaktadır. Özellikle, bu sistemlerin sahip olduğu en az 150 litrelik depoların çatı üzerine bir yük ge-

tirdiği kesindir. Bu çalışma da hem bu görüntü kirliliğini ortadan kaldıracak hem de bu sistemlerin çatı üzerine montajını kolaylaştıracak güneş enerjili kullanma sıcak suyu hazırlama sistemi imal edilerek uygulanabilirliği deneyel olaraık incelemiştir.

Günümüzde yaygın olarak kullanılan güneş enerjili kullanma sıcak suyu hazırlama sistemlerinin bir kısmı doğal sirkülasyonlu sistemlerdir, dolaşımının sağlanabilmesi için bu sistemlerde deponun kolektörden en az 45 cm yukarıda olma zorunluluğu vardır. Bu zorunluluk hem montaj zorluğu getirmekte hem de görüntü kirliliğine yol açmaktadır. Bu zorluğu ortadan kaldırıacak, cebri sirkülasyonlu bir güneş kolektörüdür. Hem bu şekilde sistemlere ait depoların çatı üzerine konulmasına gerek kalmakta hem de kolektörler çatı ile aynı meyilde kolay bir şekilde monte edilebilmektedir.

### 2. Literatür Taraması

Literatürde, güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemleri ile ilgili olarak birçok çalışma bulunmaktadır. Kulkarni ve arkadaşları (2007), güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin optimizasyonunu yapmışlardır (1). Lu ve arkadaşları (2003), doğal dolaşımı sıcak su hazırlama sistemlerinin optimum dizayını yapmışlardır (2). Aras, (1996) dolaylı bakır borulu ve levhalı termosifon akışlı güneş kolektörünün işnim ve ısıl analizini deneyel ve analitik olarak araştırmıştır (3). İlhan, (1999) güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemlerinin çalışma karakteristiklerini deneyel olarak incelemiştir (4).

Günerhan ve Hepbaşlı (2007), bina uygulamaları için güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemlerinin performans değerlendirmesini ve ekserjistik modelini yapmışlardır (5). Bayram, (2000) kolektör ve ısıl ileticileri birbirinden farklı dolaylı ve doğrudan dolaşımı olan altı adet sıcak su hazırlama sistemlerinin ısıl performanslarını karşılaştırmıştır (6). Altuntop, Tekin ve İlbaş (2001), güneş enerjisi tesisatı kolektör ve boru bağlantılarında yapılan hataların ısıl verime etkisini deneyel olarak incelemiştir (7). Ekmekçi, Dizdar ve Özcelebi (2001), Kocaeli ili için bir güneş enerjili su ısıtma sistemi ve boyutlandırılması konusunda çalışmışlar ve yapılan deneyler sonucunda düzlemsel yüzeyli güneş kolektörlerinde verimi ar-

turan en önemli parametrenin kolektör bünyesindeki yutucu yüzey kaplaması olduğunu gözlemlemişlerdir (8).

Türkiye'de, halen toplam enerji tüketiminin yaklaşık üçte biri binaların ısıtılmasında kullanılmaktadır. Enerji tasarrufu düşünürek yapılan binalarda, özellikle ekonomik ısıtma sistemlerinin kullanılması ile binaların enerji tüketimi belirgin ölçüde azaltılabilir. Güneş enerjisi, mevcut enerji kaynaklarının ve dünya atmosferinin korunmasına yönelik önemli katkılar sağlayabilir. Kullanma suyunun ısıtılmasında, güneş enerjisi kullanılması durumunda yüksek bir enerji tasarruf potansiyeli bulunmaktadır. Ülkemizin bulunduğu enlem aralığında özellikle yaz aylarında merkezi bir boyler bağlantılı güneş kolektörlerinin kullanılması, alışlagelmiş konvansiyonel kazanlara bir alternatif oluşturmaktadır. Kullanma suyunun ısıtılması için gerekli olan enerji, yıllık takvimden bağımsızdır ve özellikle yaz aylarında kullanma suyu enerji ihtiyacı ile güneş enerjisi arzı arasında zaman yönünden bir uyum söz konusudur. Bir veya iki aileli konutlarda birbirine uyumlu bileşenlerden oluşan doğru olarak tasarlanmış güneş enerjisi sistemlerinin tesisi ile kullanma suyunun ısıtılması için gerekli olan yıllık enerji ihtiyacının yaklaşık %50 ila %80'i arasında bir enerji tasarrufu sağlanabilir (9).

Güneş enerjili kullanma sıcak suyu hazırlama sistemleri, dolaşım şekline göre tabii ya da cebri; devre şekline göre dolaylı ya da doğrudan şeklinde gruplandırılabilirler. İstenilen kullanma sıcak su miktarı fazla ise ya da sistemdeki suyun donma problemi varsa sistem dolaylı yapılır. Sistemde doğal dolaşım soğuk ve sıcak su arasındaki yoğunlukları arasındaki farktan oluşmaktadır (10). Sıcak suyun deposunun kolektörün üst kısmına yerleştirilmesi mümkün değilse, sistem cebri yapılır.

Bu çalışmada, dolaşım şekline göre cebri ve devre şekline göre direkt olan bir güneş enerjisi sistemi tasarlanarak imal edilmiştir. Cebri dolaşım için gerekli olan pompa enerjisini güneş pilinden almıştır. Tasarlanarak imal edilen sistemin kullanılabilirliği deneySEL olarak incelenerek verim analizleri yapılmıştır.

### 3. Teorik Analiz

Güneş enerjisi sisteminden elde edilen enerji miktarı, aşağıda verilen eşitlik yardımıyla hesaplanabilir. Kullanma sıcak suyu deposunda sürekli akışlı sürekli açık sistem için termodinamigin birinci kanunu en genel halde:

$$\theta - W = m [h_2 - h_1 + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2} + g(z_2 - z_1)] \quad (1)$$

veya

$$\theta - W = m (\Delta h + \Delta ke + \Delta pe) \quad (2)$$

şeklindedir (11,12). Güneş enerjisi sistemlerinde kullanma sıcak suyu deposunda yapılan iş, kinetik enerji değişimi ve potansiyel enerji değişimi sıfırdır.

Sistemlerin verimi ise aşağıda verilen eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır (13).

$$\eta = \frac{\dot{Q}}{F_k I_{TOP}} \quad (3)$$

Sistemlerin enerji hesaplamalarında güneşten kolektör üzerine gelen enerji miktarının hesaplanması için aşağıda verilen eşitlik kullanılmıştır (14,15).

$$I_{TOP} = [I_{DIR} R] + I_{DIF} \left[ \frac{1 + \cos\beta}{2} \right] + [I_{DIR} + I_{DIF}] r_a \left[ \frac{1 - \cos\beta}{2} \right] \quad (4)$$

Eşitlik 4 ile verilen R değeri aşağıda verilen eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır.

$$R = \frac{\cos\theta}{\cos\theta_2} \quad (5)$$

$$\cos\theta = [\sin\delta \sin\phi \cos\beta] - [\sin\delta \cos\phi \sin\beta \cos\gamma]$$

$$[\cos\delta \cos\phi \cos\beta \cos\omega] + [\cos\delta \sin\phi \sin\beta \cos\gamma \cos\omega] +$$

$$[\cos\delta \sin\beta \sin\gamma \sin\omega] \quad (6)$$

$$\cos\theta_2 =$$

$$[\sin\phi \sin\delta] + [\cos\phi \cos\delta \cos\omega] \quad (7)$$

Deklinasyon açısı (16);

$$\delta = 23,45 \sin \left[ 360 \frac{284 + n}{365} \right] \quad (8)$$

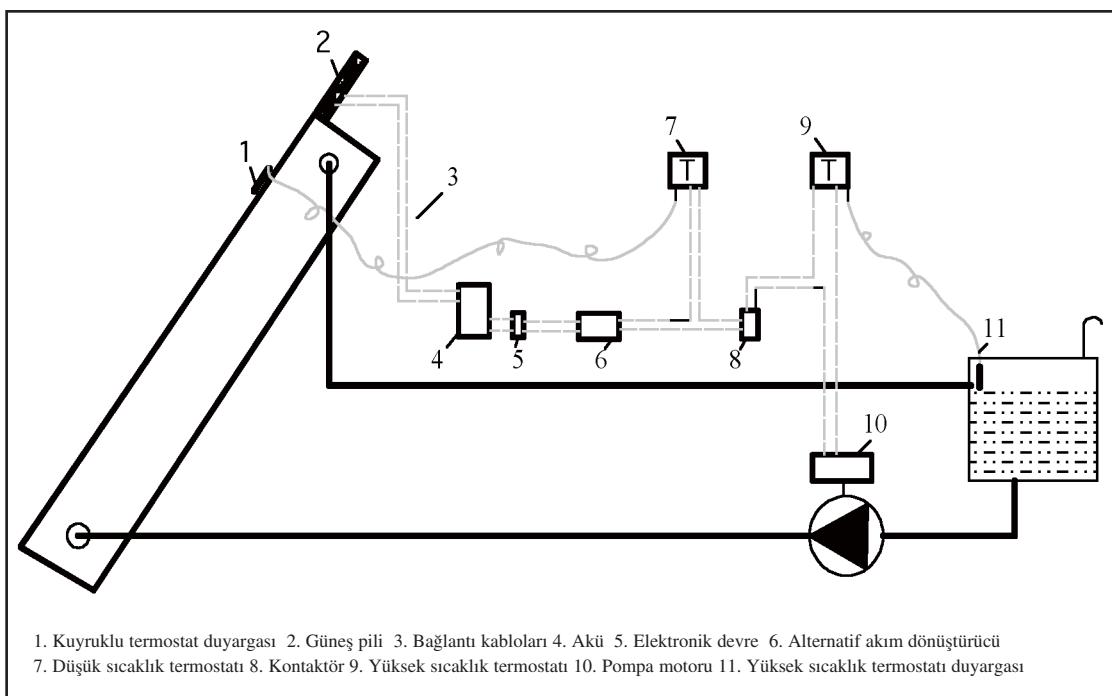
eşitliği ile hesaplanmıştır.

Eşitlik 6 ve 7'de kullanılan " $\phi$ " enlem derecesi olup, " $\omega$ " saat açısı olup 12:00'den itibaren her saat için  $15^\circ$ , ve " $\gamma$ " azimut açısı olup, kolektör güney yönü bakacağı için  $0^\circ$  alınarak çözüm yapılabilir. Ayrıca Eşitlik 4'de kullanılan  $r_a$  değeri; eger düzlem çevresinin toplam güneş ışınımı için yansıtma katsayıdır ve değeri  $\approx 0,2$ 'dir (16).

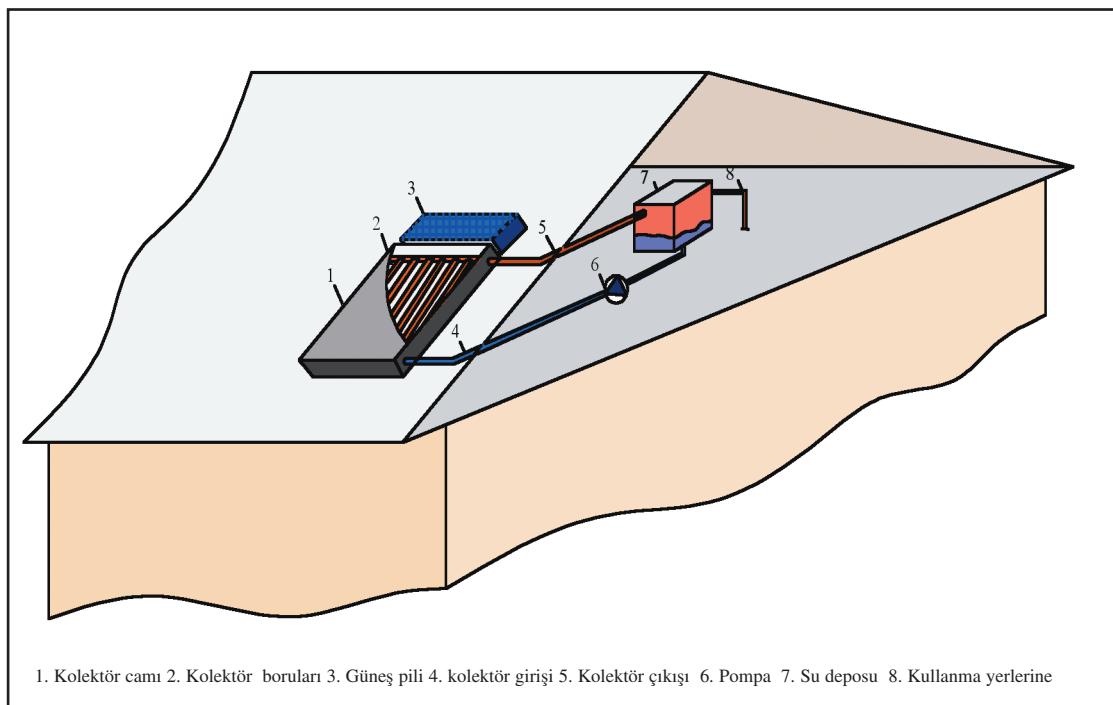
#### 4. Deney Setinin Hazırlanması

Gizli depolu güneş enerjili sıcak su hazırlama sisteminde, çatılardaki görüntü kirliliğini gidermek için kullanma sıcak su deposu çatı arasında kolektör ile aynı ya da daha düşük sevi-

yede olacak şekilde tasarlanmış ve imal edilmiştir. Sistemde güneş pili ile desteklenen bir sirkülasyon pompa ile sıcak su dolaşımı cebri olarak sağlanmıştır. İmal edilen sisteme ait mekanik ve kontrol detayı Şekil 1 ve Şekil 2'de görülmektedir.



*Şekil 1. Güneş enerjili gizli depolu sistemin kontrol detayı.*



*Şekil 2. Güneş enerjili gizli depolu sistemin mekanik uygulaması.*

Sistemde düşük sıcaklık termostati güneş kolektörü yüzey sıcaklığı 40 °C'den yüksek olduğunda, kontaktör üzerinden diğer termostata yol verecektir. Diğer yüksek sıcaklık termostati kullanma sıcak suyu 40 °C'den düşük olduğunda sıcaklık 40 °C'ye ulaşana kadar sirkülasyon pompasını çalıştıracaktır.

Sistemin deposu 25 litre kapasitesinde 2 mm'lik siyah sacdan imal edilmiştir. İmal edilen güneş kolektörü 0,5 m x 1 m ebatlarında olup 3 cm x 3 cm profilden yapılan tezgahlar üzerine yerleştirilmiştir.

Güneş piliyle pompanın çalıştırılmasına ait sistem şeması Şekil 1'de, verilmiştir. Güneş piliyle pompanın çalıştırılmasında kullanılan ekipmanlar ve teknik özellikleri çizelge 1'de verilmiştir. Güneş pilinden elde edilen maksimum güç 27 W olup elde edilen bu güç bir akümülatöre aktarılmıştır. Örnek bir uygulama olması amacıyla akümülatörden alınan doğru akım invertör vasıtıyla alternatif akıma dönüştürülmüş ve bu akım ile sirkülasyon pompasının çalıştırılması sağlanmıştır.

Kullanılan Cihaz	Cihazın Özelliği
Güneş pili	27 W, 18 V DC, 1500 mA (maksimum), panel boyutları 535 x 449 x 25 mm, 12 voltluş şarj edilebilen batarya için.
Sirkülasyon pompaşı	25 W, 0,2 A, 220 V AC,
Akümülatör	12 V, 7 A
İnvertör	12 V DC - 220 V AC

**Çizelge 1.** Güneş piliyle pompanın çalıştırılmasında kullanılan ekipmanlar ve teknik özellikleri.

## 5. Deneylerin Yapılışı

Hazırlanan güneş enerjili sıcak su hazırlama sisteminde, kolektör yatay ile 25° eğim yapacak şekilde tezgahların üstüne ve tezgah ise yerden 1,5 m yükseklikte güney yönü bakan platformun üzerine yerleştirilmiştir. Deneyler 4 gün süre ile yapılmıştır.

Sistemler saat 10:00'da su ile doldurulmuştur. Sıcaklık ölçümüleri saat 10:00'da başlayıp, saat 15:00'a kadar saatte bir yapılmıştır.

mıştır. Sistem, her saatte bir boşatılmış ve yeniden doldurulmuştur. Sıcaklık ölçümüleri, LCD ekranlı ve -50 ile 1000 °C aralığında hassas ölçüm yapabilen K tipi problu cihaz ile yapılmıştır.

## 6. Deney Sonuçları

Deney yapılan günlere ait güneş ışınımı değerleri direkt ve difüz ışınım değeri olarak Çizelge 2'de, verilmiştir.

Saat	1. Gün		2. Gün		3. Gün		4. Gün	
	Direkt Işınım	Difüz Işınım	Direkt Işınım	Difüz Işınım	Direkt Işınım	Difüz Işınım	Direkt Işınım	Difüz Işınım
10:00 - 11:00	788.7	248.6	415.6	108.1	728.0	283.1	506.1	314.0
11:00 - 12:00	829.8	161.8	594.1	206.0	780.6	169.7	631.4	312.4
12:00 - 13:00	771.0	177.4	679.2	166.9	769.0	95.9	689.0	165.1
13:00 - 14:00	622.4	238.4	632.1	109.5	731.6	58.6	721.1	87.3
14:00 - 15:00	566.7	166.9	621.4	79.2	622.5	40.9	696.5	82.7

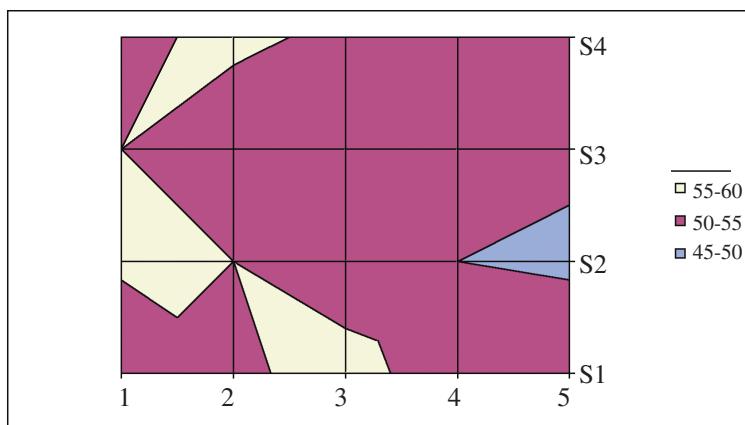
**Çizelge 2.** Deney yapılan günlere ait güneş ışınımı değerleri ( $W/m^2$ )

Yapılan deneylerde sistemin sirkülasyon pompası, güneşten güneş pili (fotovoltaik pil) üzerine düşen enerji ile çalıştırılmıştır. Böylece ek bir enerji kaynağına gerek kalmadan sisteme sıcak su elde edilmiştir. Sistemlerin enerji hesaplamalarında güneşten kolektör üzerine gelen enerji miktarı eşitlik 4

ve sistemin verimi ise Eşitlik 3 kullanılarak hesaplanmıştır. Deney sonuçlarına göre yapılan hesaplamalarda sistem verim değerleri Çizelge 3'de ve deney yapılan günlere ait verim haritası Şekil 3'de, verilmiştir. Verim haritasında görüldüğü gibi sistem ortalama verimi % 50 ile % 55 arasında değişmiştir.

Saat	Sisteme ait verim değerleri (%)			
	1. Gün	2. Gün	3. Gün	4. Gün
10:00 - 11:00	50	56	55	54
11:00 - 12:00	54	55	52	56
12:00 - 13:00	57	52	50	54
13:00 - 14:00	52	50	52	53
14:00 - 15:00	55	49	51	50

*Çizelge 3. Deney sonuçlarına göre yapılan hesaplamalarda sistem verim değerleri.*



*Şekil 3. Deney yapılan günlere ait verim haritası.*

## 7. Sonuç ve Tartışma

Deney sonuçlarına göre yapılan hesaplamalarda deneyin 1., 2., 3. ve 4. günü için ortalama sistem verimi sırasıyla % 53.6, % 52.4, % 52 ve % 53.4 olarak hesaplanmıştır. Literatürde yapılan güneş enerjili direkt ve doğal dolaşmalı sıcak su hazırlama sistemlerinin verimleri ile karşılaştırıldığında; güneş pili destekli gizli depolu direkt ve cebri dolaşmalı sıcak su hazırlama sisteminin verim değerinin yüksek olduğu görülmüştür. Bunun sebebi, sistemde sirkülasyon pompasının etkisiyle dolaşım kuvvetinin fazla olması dolayısıyla ısı geçiş miktarının artmasıdır.

Mevcut güneş enerjili su ısıtma sistemleri çok kötü görüntü oluşturmaktır ve çatı üzerinde konulan depolar çatı üzerinde bir statik yük de oluşturmaktadır. Bu çalışma ile güneş enerjili su ısıtma sisteminin daha iyi bir görünüm sağlayabilecek şekilde çatıda kullanılabilirliği saptanmıştır.

Bu çalışmadaki sisteme ait olumsuz taraf ise, kullanılan güneş pili ve diğer ekipmanların ilk yatırım maliyetidir. Aynı güneş pili ekipmanları kolektör boyutunun büyümesi ile de kullanılabilir olacaktır. Bu şekilde, kolektör boyutu arttıkça sistemin kendini amortı süresi de azalacaktır. Sistemde güneş pili ile güneşten elde edilen enerji bir akümülatör ile depolanmış ve invertör ile 220 volta dönüştürülecek sirkülasyon pompasını çalıştırılmıştır. Böyle bir sistemde hem konutlarda hem de endüstride güneş pili yüzey alanı artırılarak enerji elde edilebilecektir. Özellikle güneş ışının değerinin yüksek olduğu bölgelerde bu enerjiden faydalana bilinir. Ayrıca sistemde donma koruması sistemin dolaylı (endirekt) yapılarak sağlanabilir.

## SEMBOLLER

$\dot{m}$	Suyun kütlesel debisi ( $\text{kg/gün}$ ),
$I_{\text{DIR}}$	Direkt ışınım ( $\text{W/m}^2$ ),
$I_{\text{DIF}}$	Difüz ışınım ( $\text{W/m}^2$ ),
$r_a$	Eğik düzlem çevresinin toplam güneş ışınımı için yansıtma katsayısi $H \approx 0,2$ 'dir.
$\beta$	Güneş kolektörünün yatayla yaptığı açı,
$\delta$	Deklinasyon açısı,
$\phi$	Enlem derecesi,
$\gamma$	Azimut açısı,
$\omega$	Saat açısı,
$n$	Hesabı yapılan gün (takvimde 1 Ocak'tan itibaren kaçinci gün ise...),
$\dot{Q}$	Depolanan toplam enerji miktarı ( $\text{J/gün}$ ),
$F_k$	Güneş kolektörü yüzey alanı ( $\text{m}^2$ ),

$I_{TOP}$	Kolektör yüzeyine gelen toplam güneş ışınımından elde edilen enerji ( $\text{W/m}^2$ ),
$h$	Havanın özgül entalpisi ( $\text{J/kg}$ ),
$\Delta ke$	Kinetik enerji değişimi ( $\text{J}$ ),
$\Delta pe$	Potansiyel enerji değişimi ( $\text{J}$ ),
$W$	Yapılan iş ( $\text{J}$ ),
$v$	Akışkanın hızı ( $\text{m/s}$ ),

## Teşekkür

Bu çalışma, Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenmiş olup, desteklerinden ötürü Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkür ederiz.

## Kaynaklar

- |   |  |  |
|---|--|--|
| $I_{TOP}$   | Kolektör yüzeyine gelen toplam güneş ışınımından elde edilen enerji ( $W/m^2$ ), | Enstitüsü, Ankara, 25 - 49, 2001.  |
| $h$   | Havanın özgül entalpsi ( $J/kg$ ),   | [7] Ekmekçi, İ., Dizdar, H., Özcelebi, S., "Kocaeli İli İçin Bir Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemi ve Boyutlandırılması", Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi, Kayseri, 2001, Kayseri, Bildiriler Kitabı, 35 - 42, 2001.  |
| $\Delta ke$   | Kinetik enerji değişimi ( $J$ ),   | [8] Altuntop N, Tekin Y, İlbaş M, "Güneş Enerjisi Tesisi Kollektör ve Boru Bağlantılarında Yapılan Hataların Isıl Ve rime Etkisinin Deneysel İncelenmesi", Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi, Kayseri, 2001, Kayseri, Bildiriler Kitabı, 43 - 52, 2001.        |
| $\Delta pe$   | Potansiyel enerji değişimi ( $J$ ),  | [9] Viesmann, "Güneş Enerjisi", Viesmann, Ankara, 2-3, 1997.   |
| $W$   | Yapılan iş ( $J$ ),  | [10] Öz E. S., Menlik T., Aktaş M., "Güneş Enerjili Tabii Sirkülasyonlu Endirekt Sıcak Su Hazırlama Sistemlerinde Kanatçık Kullanmanın Isıl Analizi", Teknoloji Dergisi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Dergisi, Cilt 7, Sayı 2, 189-195, Karabük, 2004. |
| $v$   | Akışkanın hızı ( $m/s$ ),  | [11] R. Yamankaradeniz, "Mühendislik Termodinamığının Temelleri", 2. Basım, Vipaş Eğitim AŞ., yayın no:48, Bursa, 2001.  |
| <b>Teşekkür</b>   |  | [12] A. Y. Çengel, A. B. Michael, "Mühendis Yaklaşımıyla Termodinamik", Literatür Yayıncılık, 1996.  |
| Bu çalışma, Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenmiş olup, desteklerinden ötürü Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkür ederiz.   |  | [13] A. Shariah, M. A. I.A Al-Akhras, I. A. Al-Omari, "Optimizing The Tilt Angle of Solar Collectors", Renewable Energy, Volume: 26, 2002, p, 587-598.   |
| <b>Kaynaklar</b>  |  | [14] T. A. Reddy, "The Design and Sizing of Active Solar Thermal Systems", Oxford University Press, New York, 1987, p 4-10.  |
| [1] Kulkarni G., N., Kedare S., B., Bandyopadhyay S., "Determination of Design Space and Optimization of Solar Water Heating Systems", Solar Energy, 81, 958-968, 2007.   |  | [15] M. Aktaş, "Güneş Enerjili Tabii Sirkülasyonlu Endirekt Sıcak Su Hazırlama Sistemlerinde Kanatçık Optimizasyonu", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2003, s, 53-99.   |
| [2] Lu S., M., Li Y.,-C., M., Tang J., C., "Optimum Design of Natural-Circulation Solar-Water-Heater by the Taguchi Method", Energy, 28, 741-750, 2003.   |  | [16] A. Y. Uyarel, E. S. Öz, "Güneş Enerjisi ve Uygulamaları", Emel Matbaacılık, Ankara, 1987.   |
| [3] Aras, H., "Kapalı Devre Bakır Boru ve Levhalı Termosifon Akışlı Güneş Toplacının Işınım ve Isıl Analizinin Deneysel ve Analitik Araştırılması", Doktora Tezi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 59 - 60, 1996. |  |  |
| [4] İlhan, A., "Güneş Enerjili Sıcak Sistemlerinin Çalışma Karakteristiklerinin Deneysel Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 61 - 62, 1999.  |  |  |
| [5] Günerhan H., Hepbaşlı A., "Exergetic Modeling and Performance Evaluation of Solar Water Heating Systems for Building Applications", Energy and Buildings, 39, 509-516, 2007.  |  |  |
| [6] Bayram, A., "Farklı Yapım Özelliklerine Sahip Doğal Dolaşımı Güneşli Su Isıtma Sistemlerinin Deneysel Karşılaştırılması", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri   |  |  |

**Yazarlar:**

Fazluları,  
Prof. Dr. Hikmet Doğan

Prof. Dr. Hikmet Doğan; 1954 yılında Malatya'nın Doğanşehir Kazasında doğdu. 1977-78 öğretim yılında Ankara Yüksek Teknik Öğretmen Okulu'ndan mezuniyetini müteakip Almanya'ya gitti. Şubat 1985 tarihinde Ankara'ya dönerken, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makina Eğitimi Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. 1987 yılında, aynı üniversitede bağlı Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Yüksek Lisans'ını tamamladı. 1989 yılında da "Öğretim Görevlisi" kadrosuna geçen Hikmet Doğan, Ağustos 1995'de aynı Enstitüye bağlı olarak doktora çalışmasını tamamlayarak "Doktor" unvanını aldı. Ardından "Öğretim Üyesi" kadrosuna geçerek "Yrd. Doç. Dr." ve 03.11.1997 tarihinde de doçentlik sınavlarını başarılarak "Doçent Dr." unvanını ve 01 Ağustos 2003 tarihinde de Profesörlik unvanını aldı. Halen aynı Üniversite ve Fakültede Tesisat Eğitimi Anabilim Dalı'nda öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır ve değişik konuları ihtiyaç eden 40 civarında ulusal ve uluslararası bilimsel yayını bulumaktadır.

Öğr. Gör. Dr. Mustafa Aktas

Oğ. Gör. Dr. Mustafa Aktaş  
1979 yılında Bolu'da doğan Mustafa Aktaş, ilk ve orta öğrenimini Ankara'da tamamladıktan sonra 2000 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü Tesisat Eğitimi Anabilim Dal'ından mezun oldu. Aynı yıl Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Makine Eğitimi Anabilim Dal'ında Yüksek Lisans eğitimiine başladıktan sonra, 2001 yılında mezun olduğu bölüm olan Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü Tesisat Eğitimi Anabilim Dal'ında Araştırma görevlisi olarak görev

Enstitüsü, Ankara, 25 - 49, 2001.

- [7] Ekmekçi, İ., Dizdar, H., Özçelebi, S., "Kocaeli İl İçin Bir Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemi ve Boyutlandırılması", Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi, Kayseri, 2001, Kayseri, Bildiriler Kitabı, 35 - 42, 2001.
  - [8] Altuntop N, Tekin Y, İlbaş M, "Güneş Enerjisi Tesisatı Kollektör ve Boru Bağlantılarında Yapılan Hataların Isıl Ve rime Etkisinin Deneysel İncelenmesi", Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi, Kayseri, 2001, Kayseri, Bildiriler Kitabı, 43 - 52, 2001.
  - [9] Viesmann, "Güneş Enerjisi", Viesmann, Ankara, 2-3, 1997.
  - [10] Öz E. S., Menlik T., Aktaş M., "Güneş Enerjili Tabii Sirkülasyonlu Endirekt Sıcak Su Hazırlama Sistemlerinde Kanatçık Kullanmanın Isıl Analizi", Teknoloji Dergisi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Dergisi, Cilt 7, Sayı 2, 189-195, Karabük, 2004.
  - [11] R. Yamankaradeniz, "Mühendislik Termodinamisinin Temelleri", 2. Basım, Vipaş Eğitim Aş., yayın no:48, Bursa, 2001.
  - [12] A. Y. Çengel, A. B. Michael, "Mühendis Yaklaşımıyla Termodinamik", Literatür Yayıncılık, 1996.
  - [13] A. Shariah, M. A. I.A Al-Akhras, I. A. Al-Omari, "Optimizing The Tilt Angle of Solar Collectors", Renewable Energy, Volume: 26, 2002, p, 587-598.
  - [14] T. A. Reddy, "The Design and Sizing of Active Solar Thermal Systems", Oxford University Press, New York, 1987, p 4-10.
  - [15] M. Aktaş, "Güneş Enerjili Tabii Sirkülasyonlu Endirekt Sıcak Su Hazırlama Sistemlerinde Kanatçık Optimizasyonu", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2003, s, 53-99.
  - [16] A. Y. Uyarel, E. S. Öz, "Güneş Enerjisi ve Uygulamaları", Emel Matbaacılık, Ankara, 1987.

başladı. 2003 yılında, aynı üniversitede bağlı Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Yüksek Lisans'ını tamamladı. 2006 yılında da "Öğretim Görevlisi" kadrosuna geçen Akaç, 2007 yılında Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Bölümü'nde doktora çalışmasını tamamlayarak "Doktor" ünvanını aldı. Halen aynı Üniversite ve Fakülte Tesisat Eğitimi Anabilim Dalında Öğretim Görevlisi Doktor olarak görev yapmakta ve değişik konuları ihtiyaç eden 30 civarında ulusal ve uluslararası bilimsel yayımı bulunmaktadır.

Arş. Gör. Dr. İlhan Ceylan

1977 yılında Zonguldak'ta doğdu, ilk ve orta öğrenimini ilgili okullarda tamamladıktan sonra liseyi Zonguldak Endüstri Meslek Lisesi Tesisat ve Isıtma bölümde tamamladı, aynı yıl Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümünü kazandı, buradan mezun olduktan sonra Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Yapı İşleri Teknik Daire Başkanlığında 1 yıl tip fakültesi hastanesi inşaatı kontrolü olarak çalıştı, bu süre içerisinde Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümünde yüksek lisansını tamamladı. Daha sonra Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü Tesisat Anabilim Dalında Araştırma Görevlisi olarak çalıştı. 2003 yılında doktora eğitimi için 35. madde kapsamında Gazi Üniversitesi'ne geldi. 2007 yılında Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Bölümünde doktora çalışmasını tamamlayarak "Doktor" unvanını aldı. Şu an Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesinde Araştırma Görevlisi Doktor olarak çalışmaktadır ve değişik konuları ihtiyaç eden 30 civarında ulusal ve uluslararası bilimsel yayını bulunmaktadır.

# Okul Sınıflarında Hava Dağılımı ve Sıcaklık Kontrolü

## Air Distribution and Temperature Control in Classrooms

Jarek Kurnitski, Minna Aalto

Çeviren: Mak. Yük. Müh. Nejat Demircioğlu

### Özet

Daha düşük hava hızları ve iyi bir sıcaklık kontrolünü amaçlayan hava dağılımları için çözümler, 6 okulda yapılan ölçümler ve sıcaklık simülasyonları ile araştırılmıştır. Hava hızı ölçmeleri, 0.2 m/s'den düşük hava hızları veren kanal ve tavan difüzörleri iyi bir performans sergilemiş ve sınıflar için kuvvetle önerilebilir olduğunu göstermiştir. Duvar difüzörleri 0.43 m/s gibi yüksek hızlar nedeniyle sınıflar için uygun nitelikte değildir. Yer-değiştirme havalandırması için difüzörlerin besleme havası sıcaklığına karşı son derecede duyarlı olduğu görülmüş, 0.28 m/s'ye kadar olan hızlarda 3°C sıcaklık farkı ölçülmüştür. Isıtma mevsiminin sonuna doğru 25°C'ye kadar sıcaklık ölçmeleri elde edilirken, odalarda yapılan sıcaklık ölçmeleri tipik bir sıcaklık kontrol problemini göstermiştir. Parametrik simülasyonlar, odada sıcaklık kontrolü için kişi başına 10 l/s gibi yüksek hava debilerine ve 14~15°C'lik soğuk besleme havasına gerek olduğunu göstermiştir.

### Abstract

Air distribution solutions for classrooms aiming to lower air velocities and good temperature control are studied by measurements in 6 schools and temperature simulations. Air velocity measurements showed good performance of duct and ceiling diffusers which provided maximum velocities less than 0.2 m/s and can be highly recommended for classrooms. The wall diffusers were clearly not suitable for classrooms due to high velocities up to 0.43 m/s. Displacement ventilation diffusers were very sensitive to supply air temperature, as with the temperature difference of 3 °C velocities up to 0.28 m/s were measured. Room temperature measurement results showed a typical problem with temperature control as at the end of the heating season the tempera-

tures up to 25 °C were measured. The parametric simulations showed that high supply air flow rates up to 10 L/s per person and cool supply air down to 14-15 °C were needed for room temperature control.

### 1. Giriş

Ofis binalarında, iç hava çevresel kalitesinin (IEQ) kötü olmasının ofiste çalışan yetişkinlerin performansını düşürdüğü birçok araştırmaya gösterilmiştir [1,2]. Okullardaki iç mahal çevresel kalitesinin hem uygun olmasına hem de ofis binalarındaki çok daha kötü olduğu çok iyi belgelendirilmiş olmasına rağmen [3], sınıf performansının olumsuz etkilendiğine dair çok az doğrudan kanıt bulunmaktadır [4].

Deneysel çalışmalar [5,6], taze hava miktarının artırılması ve sınıftaki yükselen sıcaklığın biraz düşürülmesi ile, her çocuğun çalışma hızı bağlamında, birçok sınıf işlevinde performansın yükseldiğini göstermektedir. Bu deneylerde, sınıf sıcaklığı 25°C'den 20°C'ye düşürülmüş, kişi başına taze besleme havası debisi, 5.2 l/s'den 9.6 l/s'ye artırılmıştır. Buna göre sonuçlar, kişi başına 10 l/s'ye kadar havalandırma miktarı ile genelde yapılandan daha sıkı bir sıcaklık kontrolünün sınıflar için önerilebileceğini ortaya koymaktadır. Bu, sınıf havalandırma ve sıcaklık kontrolü çözümlerinde yeni yaklaşımlar anlamına gelmektedir. Sıcaklık kontrolü için gerekli olan yüksek hava debileri ve düşük sıcaklıklar kolayca hava çekmeleri yaratmaktadır.

Bu, hava dağıtım çözümlerinin ve terminal birimlerin dikkatli seçimi ile önlenebilir. Bu araştırmada, düşük hava hızları ve iyi bir sıcaklık kontrolünü amaçlayan hava dağılımları için çözümler sınıflarda yapılan ölçümler ve sıcaklık simülasyonları ile araştırılmıştır. Duvar, tavan ve kanal yer değiştirme difüzörlerinin performansı sınıf başına 340 l/s havalandırma miktar-

# BIDI

## BORU SİSTEMLERİ ÇÖZÜM SUNAR



### PeX-a veya PeX-c KULLANIM ALANLARI

- Evsel Su Tedarik Sistemleri
- Kentsel Su ve Basınçlı Kanalizasyon Hatları
- Otellerde ve Yüksek Yapılardaki Şaftlar
- Sondaj Kuyuları
- Yerden Isıtma Sistemleri

PEXGOL boru 12 mm ile 500 mm çaplar arasında üretilir. 3 tip PEX boru mevcuttur.

\*Peroksit çapraz bağlanmış

\*Işınla (Elektron İşini) çapraz bağlanmış

\*Çok katmanlı Borular

PEXGOL boruları, yerel su tedariki yer altı ve merkezi ısıtma sistemleri, kimyasal ve ağır endüstri uygulamaları için kullanılır. Borular 24 bar'a kadar olan çalışma basınçları ve 95°C ye kadar olan sıcaklıklar için tasarlanmıştır



lari ve sınıf sıcaklığından 6 K düşük besleme havası sıcaklıklarını kullanılarak karşılaştırılmıştır.

Elde edilen sonuçlara dayanılarak, sağlıklı ve üretken bir sınıf çevresi oluşturmak için hava dağılımı ve sıcaklık kontrolüne ilişkin çözümlere ait tasarıma, yol gösterici ilkeler ortaya konulabilir.

## 2. Yöntemler

Altı (6) okulda, hız, oda sıcaklığı ve CO<sub>2</sub> ölçümü yapılmıştır. Bütün okullar nispeten yeni ya da yenilenmiş binalar olup, hepsi en azından “yeni binalar için Finlandiya kod gereklilikleri” karşılayan modern mekanik besleme ve egzoz sistemlerine sahiptir.



a)



b)

*Şekil 1. a) Duvar difüzörüne sahip A okulu.*

*b) Tavan difüzörlerine sahip B okulu.*



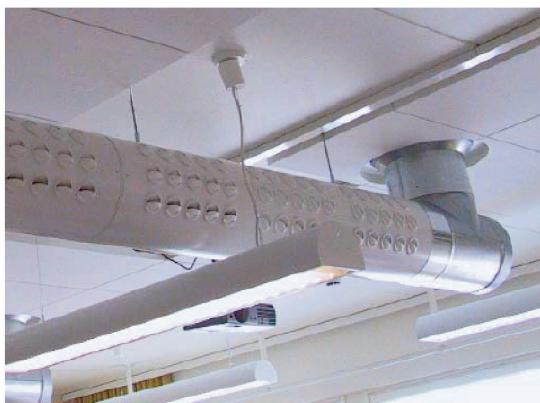
a)



b)

*Şekil 2. a) Kanal difüzörlü C okulu.*

*b) Kanal difüzörlü D okulu.*



a)



b)

*Şekil 3. a) Kanal difüzörlü E okulu.*

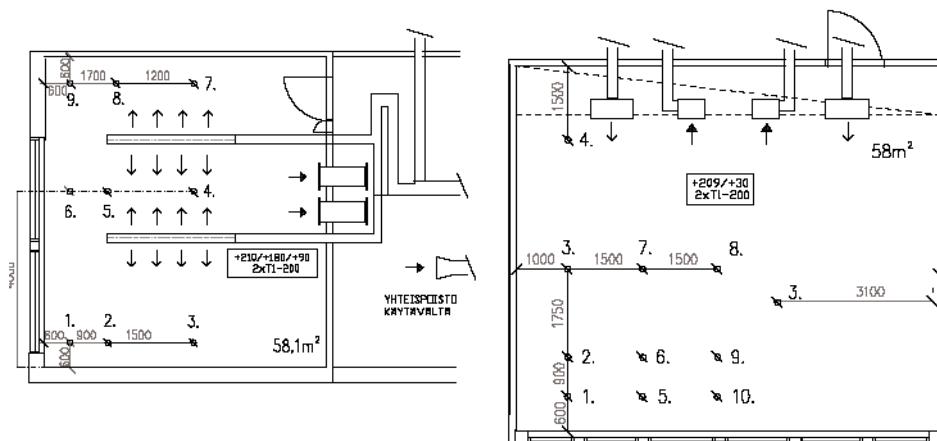
*b) Yer değiştirme difüzörlü F okulu.*

**Şekil 1'deki A** okulu tavan difüzörleri ile hava dağılımına sahiptir (her sınıfı iki adet) ve **B** okulunda düşük maliyetli çözümü temsil eden ve çok kullanılan duvar difüzörleri (her sınıfı iki adet) bulunmaktadır. **Şekil 2 ve 3'deki üç** okulda (**C, D, E**) kanal difüzörleri (her sınıfı iki adet) ve **F** okulunda yer değiştirme havalandırması difüzörleri kullanılmaktadır.

Ölçmelerin yapıldığı sırada, dış mahal hava sıcaklığı tipik bir bahar havası sıcaklığı olan 9~12°C arasındadır. Bu, ısıtma mevsimi sonunu temsil etmekte olup sonuçlar ısıtma mevsimi hedefleriyle karşılaştırılmıştır. Hava hızı ölçümlerinin yapıldığı sınıflardaki oda sıcaklığı ve CO<sub>2</sub> miktarları **Şekil 5'de**, verilmektedir. Sonuçlar sadece okulun açık olduğu günlerde saat 8.00 ~15.00 arasındaki süre için verilmiştir. A-D arasında diğер okullarda bulunan sınıflarda ölçülen sıcaklıklar (**Şekil 5'dekine** göre daha düşük çözünürlükteki kayıt cihazları ile ölçülen) ve **G'de** daha önce ölçülen sıcaklıklar **Şekil 6'da**, gösterilmiştir. Meskun zondan elde edilen hava hızı ölçme sonuçları **Tablo 2'de**, gösterilmiştir.

A'dan D'ye olan okullarda besleme havası sıcaklığı düzeltilmemiş, sadece ölçme alınmıştır. E ve F'de besleme havası sıcaklığının hava çekmesi üzerindeki etkisi, besleme havası sıcaklığı değiştirilerek ve tekrar hız ölçme alınarak araştırılmıştır. Yer-değiştirme difüzörleri kullanan F'de sonuçlar sıcaklık değişimlerine büyük bir duyarlılık sergilemiştir. Besleme havası sıcaklığı oda sıcaklığına eşit olduğunda difüzörlerden 0.1 m, ve 0.6 m yükseklikteki hava hızları 0.14...0.18 m/s olmuştur. Tablo 2'de gösterildiği gibi 3 K'luk sıcaklık farkları daha yüksek hava hızları vermektedir.

**Oda Sıcaklık Simülasyonları:** Sıcaklık kontrolü ve havalandırma miktarı seçenekleri, sınıfı iyi bir sıcaklık kontrolü ve havalandırma miktarı çözümleri elde etmek üzere mekanik soğutma olmaksızın, CAV ve DCV sistemleri için IDA-ICE yazılımı ile simüle edilmiştir. Okullarda tipik olarak kullanılan zamansal dönem seçilmiştir: ısıtma mevsimi 2 Ocak-14 Mayıs ve yaz mevsimi 15 Mayıs'tan 31 Mayıs'a ve 15 Ağustos'tan 30 Eylül'e hava debileri ise, kişi başına 6 L/s ve sınıf başına toplam 180 L/s ile kişi başına 10 L/s sınıf başına toplam 300 L/s şeklinde seçilmiştir.



# aquatherm firestop

DÜNYA'NIN İLK VE TEK  
YANGIN / SPRINKLER  
HATLARI İÇİN ÖZEL  
CAM ELYAF TAKVIYELİ BORU  
10 YIL SÜRE İLE  
3.000.000 EURO SIGORTALI



#### Kullanım Alanları

- Yangın / Sprinkler hatları için

#### Avantajları

- DIN 4102 –1 normuna göre yangın sınıfı B1'dir.
- Koroziyona uğramaz.
- Aşınma sorunu yoktur.
- Yüksek ısıya dayanıklıdır.
- Metal deaktivatörlü polipropilenden üretilmiştir.
- Füzyon kaynağı ile kaynak yapılır.
- Çevre dostudur.
- Antipas ve kırmızı yağlı boya kullanılmasına gerek yoktur.



Made in Germany

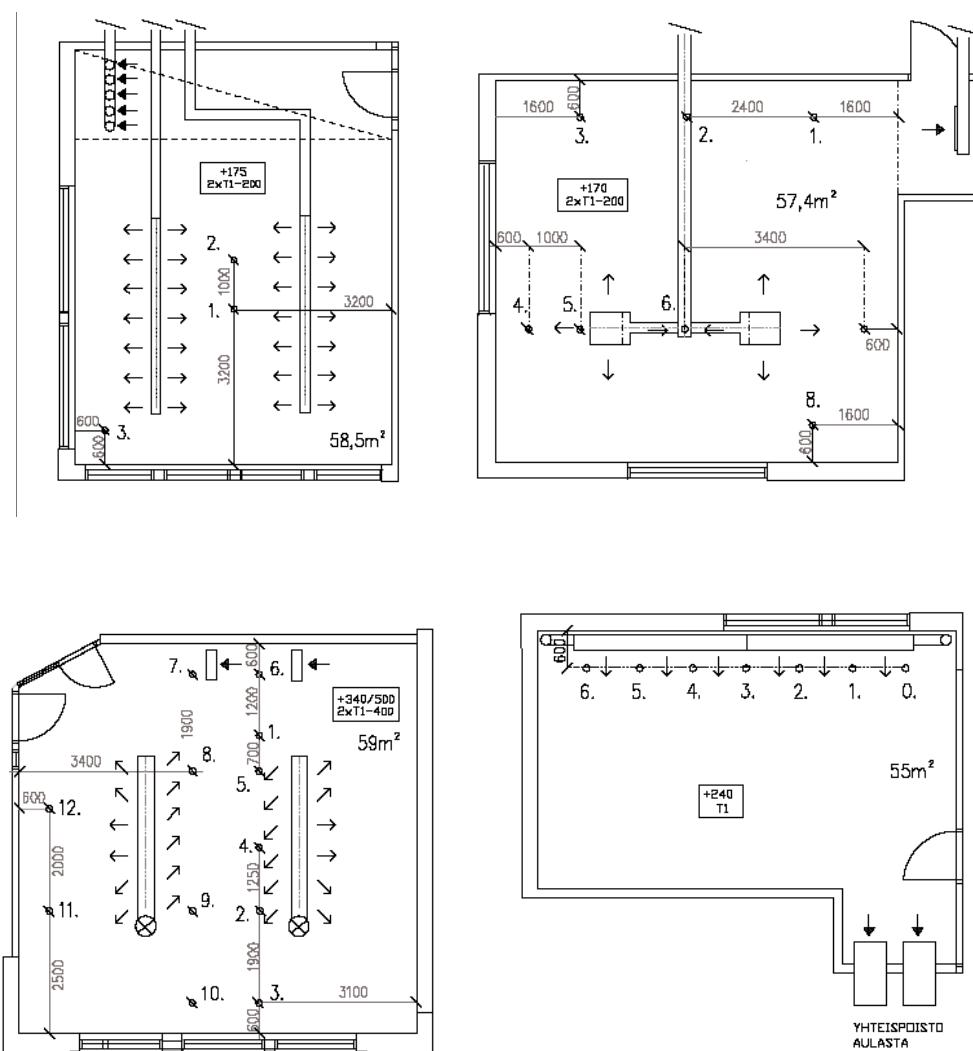
aquatherm

# aquatherm

YERDEN ISITMA  
BORU SİSTEMLERİ  
10 YIL SÜRE İLE  
3.000.000 EURO  
SIGORTALI



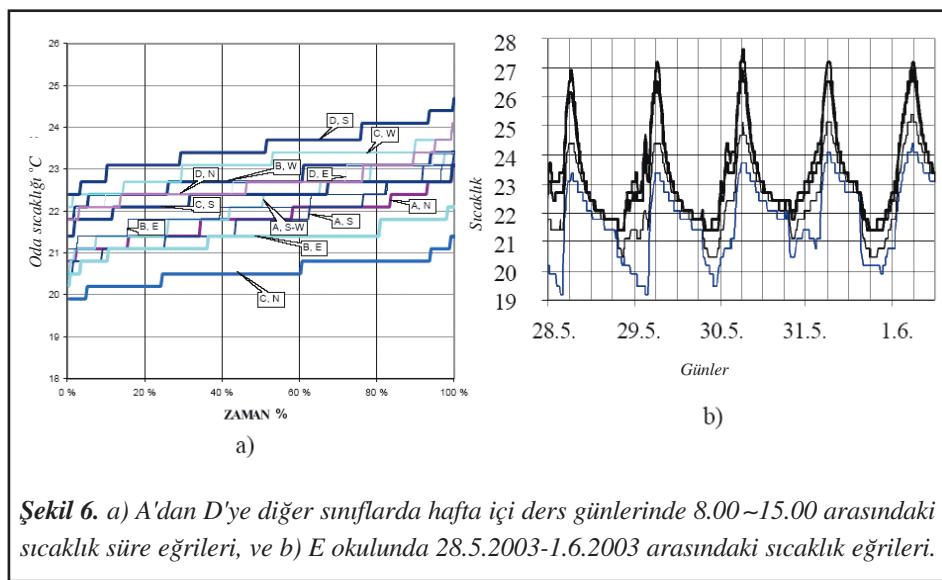
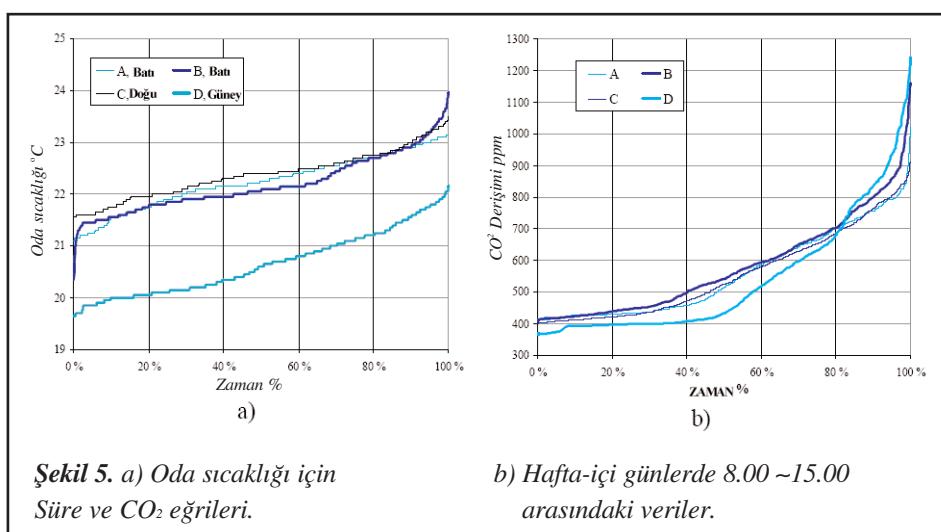
**GELİŞİM TEKNİK** TÜRKİYE DİSTRİBÜTÜÖRÜ : Serik Cad. Havaalanı Karşısı  
TİC. SAN. ve PAZ. LTD.ŞTİ. No : 411 07300 ANTALYA  
Tel.: 0.242. 340 25 75 (Pbx)  
Faks : 0.242. 340 25 77  
web : <http://www.gelisimteknik.com.tr> • E-mail : [info@gelisimteknik.com.tr](mailto:info@gelisimteknik.com.tr)



**Sekil 4.** Sınıflarda hava hızı ölçme noktaları (Sınıflar, 1~3 arasındaki Şekillerde kullanılan strada düzenlenmiştir).

Okul	İnsan sayısı	Besleme hava debisi (L/s kişi)	Besleme havası debisi (L/s)	Tasarım besleme havası debisi (L/s)
A	20	7	138	210/150/90
B	27	7	186	210/30
C	22	6	136	175
D	20-25	6.8-8.2	168	170
E			348	340
F			180	180

**Tablo 1.** sınıflarda hava debileri ve tipik insan sayısı.



Ölçme noktası	Hava hızı, m/s			İşletme sıcaklığı (°C)	Besleme havası sıcaklığı (°C)	Oda ve besleme havası sıcaklık farkı (°C)			
	Ölçme yüksekliği (m)								
	0.1	1.10	1.80						
<b>A, kanal difüzörleri, 138 L/s</b>									
1	0.21	0.05	0.05	24.6	20.4	4.2			
2	0.25	0.06	0.13	24.7	20.4	4.3			
3	0.15	0.03	0.03	24.8	20.4	4.4			
4	0.09	0.06	0.06	25.0	20.4	4.6			
5	0.01	0.18	0.16	25.1	20.4	4.7			
6	0.03	0.13	0.20	24.9	20.4	4.5			
7	0.09	0.02	0.04	24.9	20.4	4.5			
8	0.16	0.03	0.04	24.8	20.4	4.4			
9	0.18	0.29	0.08	24.6	20.4	4.2			
			Ortalama	24.8	Ortalama	4.4			



## SÜZGEÇLER, SİFONLAR VE PİS SU ÇEKVALFLERİ

Süzgeçlerden gelen pís kokuya paydos!..

### DÜNYA'DA SUSUZ DA ÇALIŞAN PIRIMUS SİSTEMLİ TEK SÜZGEÇ

- Yer Süzgeçleri
- Çatı Süzgeçleri
- Balkon ve Teras Süzgeçleri
- Yağmur Suyu Süzgeçleri
- Bodrum Süzgeçleri
- Duş Siphonları
- Küvet Tromplenleri
- Lavabo ve Pisuar Siphonları
- WC Çıkış Boruları



### PİS SU ÇEK VALFI

Kanalizasyon ve Rögar şırmelerine bağlı pís su baskınlarına son!..

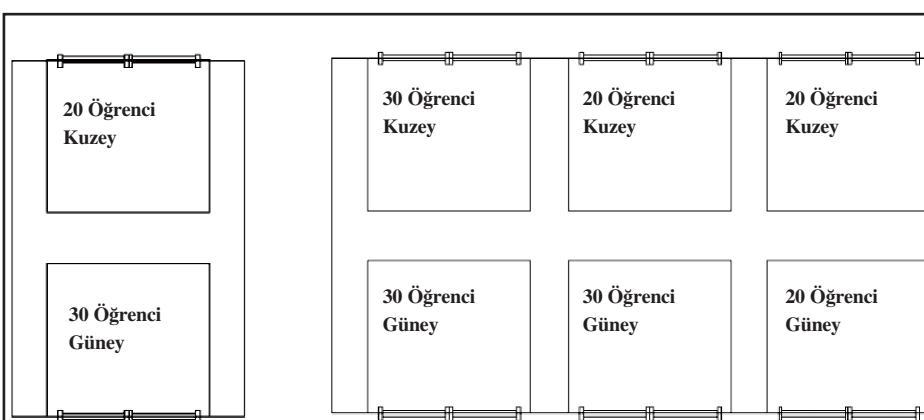


### HL 900 HAVALANDIRMA ŞAPKASI

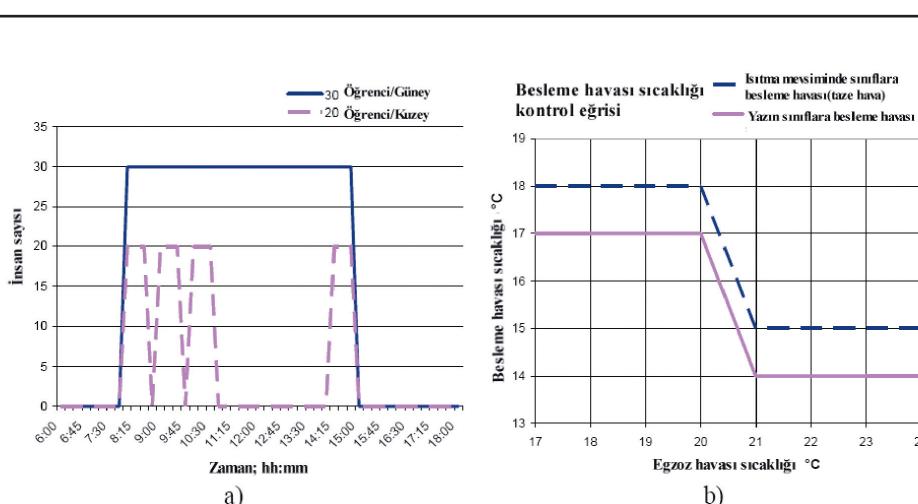
Pis su tesisatını ihtiyaç duyduğunda 37 litre / saniye hava ile besler. HL 900'ün dışarıya hava salmadan, pis su tesisatının temiz hava ihtiyacını karşılaması sayesinde tesisat şaftının içine takılması da mümkündür.

<b>B, duvar difüzörleri, 186 L/s</b>						
1	0.18	0.43	0.15	22.6	20.4	2.2
2	0.30	0.09	0.06	22.7	20.4	2.3
3	0.25	0.30	0.07	22.8	20.4	2.4
4	0.16	0.05	0.05	22.8	20.4	2.4
5	0.06	0.38	0.08	23.0	20.4	2.6
6	0.17	0.17	0.11	23.0	20.4	2.6
7	0.19	0.15	0.14	23.0	20.4	2.6
8	0.12	0.14	0.14	23.3	20.4	2.9
9	0.15	0.2	0.1	23.3	20.4	2.9
10	0.08	0.14	0.14	23.3	20.4	2.9
			Ortalama	23.0	Ortalama	2.6
<b>C, kanal difüzörleri, 136 L/s</b>						
1	0.10	0.07	0.16	22.6	19.8	2.9
2	0.05	0.06	0.05	22.2	19.8	2.5
3	0.02	0.04	0.06	22.1	19.8	2.4
			Ortalama	22.3	Ortalama	2.6
<b>D, tavan difüzörleri 168 L/s</b>						
1	0.02	0.03	0.03	20.6	19.4	1.2
2	0.06	0.03	0.03	20.7	19.4	1.3
3	0.03	0.02	0.02	20.8	19.4	1.4
4	0.03	0.05	0.14	21.0	19.4	1.6
5	0.04	0.03	0.03	21.0	19.4	1.6
6	0.02	0.05	0.04	20.9	19.4	1.5
7	0.11	0.06	0.06	20.7	19.4	1.3
8	0.08	0.09	0.07	20.7	19.4	1.3
			Ortalama	20.8	Ortalama	1.4
<b>E, kanal difüzörleri 348 l/s</b>						
2	0.11	0.09	0.09	21.70	17.50	4.2
3	0.17	0.09	0.09	21.70	17.35	4.4
4	0.09	0.07	0.08	21.60	17.20	4.4
5	0.15	0.10	0.06	21.50	17.20	4.3
6	0.08	0.09	0.12	21.40	17.15	4.3
7	0.07	0.11	0.13	21.40	17.30	4.1
8	0.16	0.11	0.11	21.50	17.35	4.2
9	0.06	0.05	0.04	22.00	17.35	4.7
10	0.05	0.04	0.05	22.20	17.40	4.8
11	0.08	0.06	0.07	22.00	17.85	4.2
12	0.10	0.08	0.08	21.80	16.75	5.1
			Ortalama	21.7	Ortalama	4.4
<b>E, kanal difüzörleri 348 l/s</b>						
3	0.08	0.05	0.03	22.4	16.1	6.3
6	0.06	0.11	0.14	21.5	16.3	5.3
7	0.10	0.14	0.19	21.4	16.4	5.1
10	0.07	0.04	0.06	22.3	16.1	6.2
			Ortalama	21.9	Ortalama	5.7
<b>F, yerdeğiştirme difüzörleri 180 l/s</b>						
0		0.22	3			
1		0.18	3			
2		0.05	3			
3		0.22	3			
4		0.28	3			
5		0.19	3			
6		0.15	3			

**Tablo 2.** Hava hızı ölçme sonuçları (Ölçme yerleri Şekil 4'de gösterilmiştir).



**Şekil 7.** a) Simülasyonlarda kullanılan 2 sınıfın uyarlanması, b) 2 sınıfın uyarlamasının test edilmesi sırasında 6 sınıfın uyarlanması.



**Şekil 8.** a) Öğrencilerin iskan profilleri ve b) belirlenen besleme havası kontrol eğrisi (sisteme mekanik soğutma olmadığından, besleme havası sıcaklıklarına sadece dış mahal sıcaklığı besleme sıcaklığından düşük olduğunda ulaşılabilir).

Her iki miktar için CAV ve DCV sistemleri için CO<sub>2</sub> ve sıcaklık kontrolü simüle edilmiştir. DCV sistemi % 100 ve % 40 gibi iki toplam hava akışı kademesine sahiptir. Sonuçlar, yaz dönemi için Şekil 9'da ve ısıtma mevsimi için Şekil 10'da, gösterilmiştir. Gece soğutma havalandırması ile bu uyarlama diğer altı uyarlama ile aynı sonuçları verdiği sürece simüle edilmiştir. Şekil 7'deki 30 öğrencili A sınıfı güneye bakarken, 20 öğrencili diğeri, kuzeye bakmaktadır.

Kullanılan iskân profili ve simülasyonlar da belirlenen besleme havası sıcaklık eğrileri Şekil 8'de, gösterilmektedir. Güneydeki sınıfıta, güneşten korunmalı camlar kullanılmıştır. Simülasyonlarda iki havalandırma miktarı kullanılmıştır: Böylece yaz dönemi sıcaklıklarının Şekil 9'daki değerlere göre yaklaşık 1°C düşürülmesi olanaklı olmuştur.

## METAL DEAKTİVATÖRLÜ FUSİOLEN® TESİSAT SİSTEMLERİ 10 YIL SÜRE İLE 3.000.000 EURO SIGORTALI

**Kullanım Alanları**  
İçme suyu, kullanma suyu, ısıtma-soğutma hatları için,  
**Özellikleri**  
16- 250 mm çapları arasında üretilir.  
Uzama Katsayı 0.035 mm/mK'dır.  
260°C füzyon kaynağı ile birleştirilir.  
Kaynak yapmadan önce tıraşlamaya gerek yoktur.  
DIN normlarına uygundur.  
TSE, Hijyen Enstitüsü, DVGW, NSF, GOST vb sertifikalara sahiptir.

Made in Germany



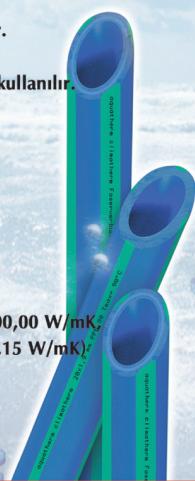
## climatherm DÜNYA'NIN İLK ISITMA / SOĞUTMA FAN COIL JEOTERMAL ÖZEL CET BORUSU 10 YIL SÜRE İLE 3.000.000 EURO SIGORTALI

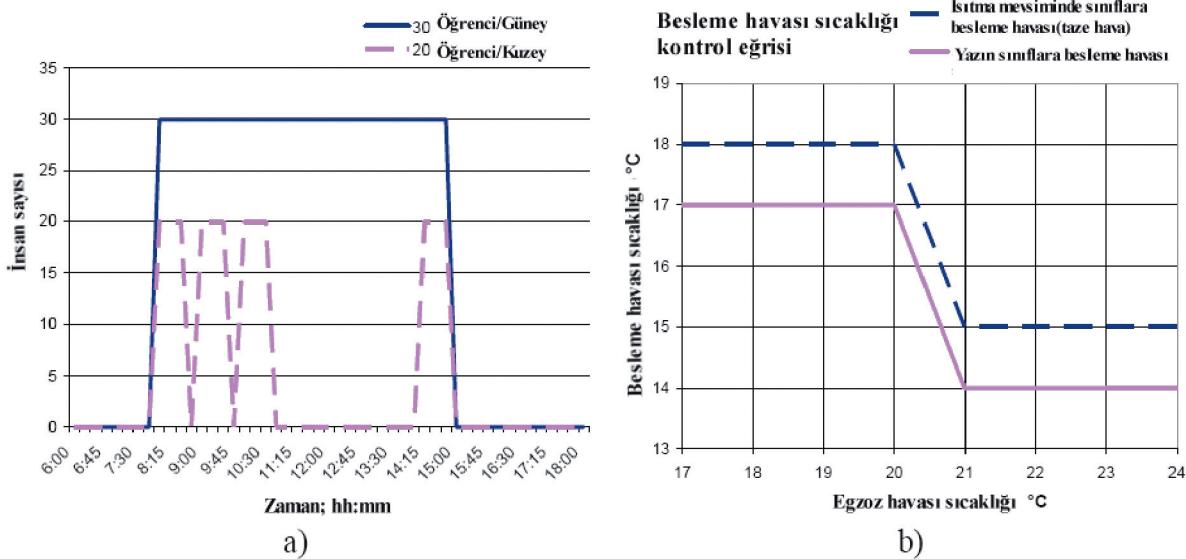
**Özellikleri**

- 20- 250 mm çapları arasında üretilir.
- FusioLEN PP-R 80'den mamüldür.
- Siyah çelik boruya alternatif olarak kullanılabilir.
- Sürtünme kayıpları çok düşüktür.
- Pompa performansı artırtır.
- Kesinlikle korozyona uğramaz.
- Metal deaktivatörlüdür.
- Uzama Katsayı 0.035 mm/mK'dır.
- Sıcaklık dayanımı -20°C ile 90°C aralığındadır.
- Isı kaybı çok düşüktür.

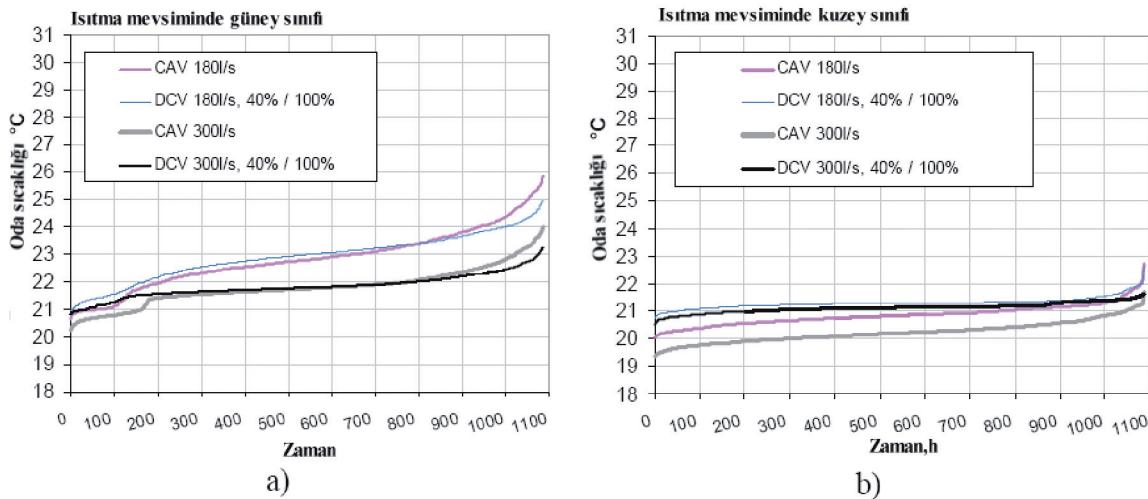
(Çelik: 60,00 W/mK, Alüminyum: 200,00 W/mK, Bakır: 380,00 W/mK, climatherm: 0,15 W/mK)

- Servis ömrü uzundur.
- Fiyat olarak ekonomiktir.
- Metal sistemlere göre izolasyon ve işçilik maliyeti daha azdır.





*Şekil 9. a) Güney sınıfında ve b) Kuzey sınıfında yaz dönemindeki sıcaklık süre eğrileri.*



*Şekil 10. a) Güney sınıfında ve b) Kuzey sınıfında ısıtma mevsimindeki sıcaklık süre eğrileri.*

### 3. Sonuçlar

Ölçülen hava debisi değerleri, altı okula göre üç okulda tasarım değerleri bakımından önemli ölçüde düşüktür. İçeride bulunan insanların düşük sayıları nedeniyle bütün okullarda 6 L/s kişi havalandırma miktarları yine de yeterli olup, CO<sub>2</sub> miktarları 1200 ppm'den düşüktür. Oda sıcaklık ölçüm sonuçları, ısıtma mevsimi sonrasında sıcaklığın 25°C'ye kadar yükselmesi nedeniyle sıcaklık kontrollünde tipik bir problem ortaya koymaktadır. Simülasyondan elde edilen sonuçlar bu durumunda, mekanik soğutma olmaksızın yeteri kadar yüksek havalandırma miktarları ve soğuk besleme havası kullanılarak çözümleme bilgisi göstermektedir. Ölçüm yapılan okulların çoğunda, etkili bir sıcaklık kontrolü yapabilmek için havalandırma miktarları çok küçük ve besleme havası sıcaklığı çok yüksek bulunmuştur.

Hava hızı ölçümleri, hava dağıtım şemaları arasında önemli bir fark olduğunu göstermiştir. Burada, 0.2 m/s'den düşük maksimum hava hızları veren kanal ve tavan difüktörleri iyi bir performans sergilemiş ve sınıflar için kuvvetle önerilebilir olduğunu göstermiştir. A'daki nozul içermeyen kanal difüktörleri (sadece delikli kanallar) maksimum 0.29 m/s hız ile kötü bir performans göstermiştir. Duvar difüktörleri 0.43 m/s hızlar ile sınıflar için açık biçimde uygun olmadıklarını ortaya koymustur. Yer değiştirme difüktörleri 3 K'lık sıcaklık farkında 0.28 m/s hızlar üretirken besleme havası sıcaklığına karşı son derecede duyarlı olduklarını göstermiştir.

Parametrik simülasyonlar, yüksek iç ısı kazanlarının etkisini göstermiştir: odada sıcaklık kontrolü için 10 L/s kişi havalandırma miktarı ile 14~15 °C'ye kadar düşük besleme sıcaklıklarına gerek olduğu anlaşılmıştır.

**26 yıllık  
birikimin yeni  
adresi...**

Bununla birlikte, okullar normalde yaz aylarında açık olmadıklarından sınıflarda mekanik soğutmaya gerek olmamaktadır. Sınıf başına 300 L/s toplam havalandırma miktarı kullanıldığında, DCV havalandırmasının simülasyonu ısil konfor bakımından iyi bir performans göstereceğine işaret etmektedir. Daha düşük havalandırma miktarı olan 180 L/s değerinde CAV havalandırmasının sınıflarda aşırı ısınmayı getirdiği belirlenmiştir. Tam olarak dolu yada kısmen dolu sınıflarda gece havalandırma ve soğutma sırasıyla birlikte 10 L/s kişi ve 300 L/s toplam hava debisiyle DCV havalandırmasının en iyi sıcaklık kontrolünü sağlayacağı anlaşılmıştır. Benzer biçimde boyutlandırılmış bir CAV havalandırması, sınıflar kısmen dolu olduğunda sıcaklığı çok düşürmeye ve ek bir ısıtma talebi yaratmaktadır. Düşük iç mahal iklim sınıfının havalandırma miktarı olan 6 L/s kişi ve 180 L/s sınıf yine de tolere edilebilir sonuçlardır. Fakat ısıtma mevsimlerinde 23 °C'nin üzerinde önemli ölçüde yüksek sıcaklıklar üretmektedir.

#### **4. Teşekkür**

Bu araştırma, Fin Ulusal Teknoloji Kurumu Tekes ve Espoo, Helsinki ve Vihti kentlerinin sağladığı desteklerle gerçekleştirilmiştir.

#### **5. Kaynaklar**

- [1] Seppänen O, Fisk W and Lei Q (2006) "Ventilation and performance in office work", Indoor Air, 16: 28-36.
- [2] Wyon DP and Wargocki P (2006) "Indoor air quality effects on office work", In: Croome, D. (ed.) Creating a Productive Environment, (in press).
- [3] Angell WJ, Daisey J (1997) "Building factors associated with school indoor air quality problems: A perspective" Proceedings of Healthy Buildings/IAQ'97, Washington DC, Vol. 1, 143-148. Virginia Polytechnic Institute and State University.
- [4] Mendell MJ and Heath GA (2005) "Do indoor pollutants and thermal conditions in schools influence student performance? A critical review of the literature", Indoor Air, 15: 27-52.
- [5] Wargocki P and Wyon DP (2006) "Effects of HVACOn Student Performance", ASHRAE Journal, Vol. 48, Oct. 2006.
- [6] Wargocki P, Wyon DP, Matysiak B et al. (2005a) "The effects of classroom air temperature and outdoor air supply rate on the performance of schoolwork by children", In: Proceedings of Indoor Air 2005, Beijing, China, Vol. I(1), pp. 368-372.
- [7] Palonen J (2003) "Indoor climate measurements in Poikkilaakso school building" (in Finnish), Helsinki University of Technology, HVAC-laboratory.

#### **Çeviren**

**Mak. Yük. Müh. Nejat Demircioğlu**

YTÜ Makine Mühendislik Fakültesi'ni bitirdikten sonra, aynı üniversitede lisansüstü eğitimi tamamlamış, ABD'de kısa süreli bir Air Conditioning programından sertifika alarak DEU IMYO'da soğutma sistemleri programını yürütmüş ve bu görevden emekli olmuştur.

**Sulu Söndürme  
Sistemleri**

**Gazlı Söndürme  
Sistemleri**

**Köpüklü Söndürme  
Sistemleri**

**Yangın Algılama  
Sistemleri**



# Endüstride ve Ticari Yapılarda Doğal Soğutma (Free Cooling) Sistemlerinin Uygulanması

## Free Cooling Applications in Commercial Buildings and in the Industry

*Dr. Mustafa Bilge*

TTMD Üyesi

### Özet

Bu çalışmada, gerek endüstriyel proseslerde gerek ticari yapılarda geçiş dönemlerinde ve kışın soğutma ihtiyacı olduğu durumlarda düşük sıcaklıkta ki havanın, doğal soğutma yapabileme yeteneğinden faydalananarak nasıl soğutma yapılabacağı hakkında bilgi verilecektir. Özellikle dış hava sıcaklığının uygun sıcaklıklarda olması durumunda, soğutma grubunu çalıştırmadan doğal soğutma ile gerek ticari ve gerekse endüstriyel tesisler de gerçekleştirilen uygulamalar anlatılacaktır.

**Anahtar kelimeler:** Doğal soğutma, free cooling.

### Abstract

This study covers the information on the cooling technique for both industrial processes and commercial buildings that need cooling demand in transition seasons and in winter, utilizing the cooling capability of outside air. Particularly, in case of the availability of outside air in suitable temperatures, application examples are introduced related to the free cooling of commercial and industrial buildings without operating the mechanical refrigeration system.

**Key words:** Natural Cooling, free cooling.

### 1. Giriş

Kapalı mahallerde yaşayan insanlar için, iç hava kalitesini ve konfor şartlarını yükseltirken enerji tüketimi azaltmak paradoks gibi gözükse de dış hava sıcaklığı bina iç hava sıcaklığının oldukça altında olması durumunda, soğutma gruplarının çalışması da ayrı bir paradokstur. Yaşadığımız şehirlerdeki binalarda, dışında kar yağarken çalışan soğutma grupları veya

split klimalar buna çok güzel örnek teşkil eder. Doğal soğutmalı (free cooling) sistemlerin avantajı, dış hava sıcaklığı uygun şartlara geldiğinde, binadaki iç ısı yüklerini soğutma gruplarını çalıştırmadan dış havayı kullanarak karşılamaktır. Bu sistemler sayesinde, iç ısı yüklerinin %20 - 60 civarında bir bölümü doğal soğutma ile karşılaşmak mümkündür.

### 2. Konfor Klimasında Free Cooling Uygulamaları

Konfor klimasında doğal soğutma uygulamaları hava ve su taraflı olmak üzere iki ana grupta inceleneciktir.

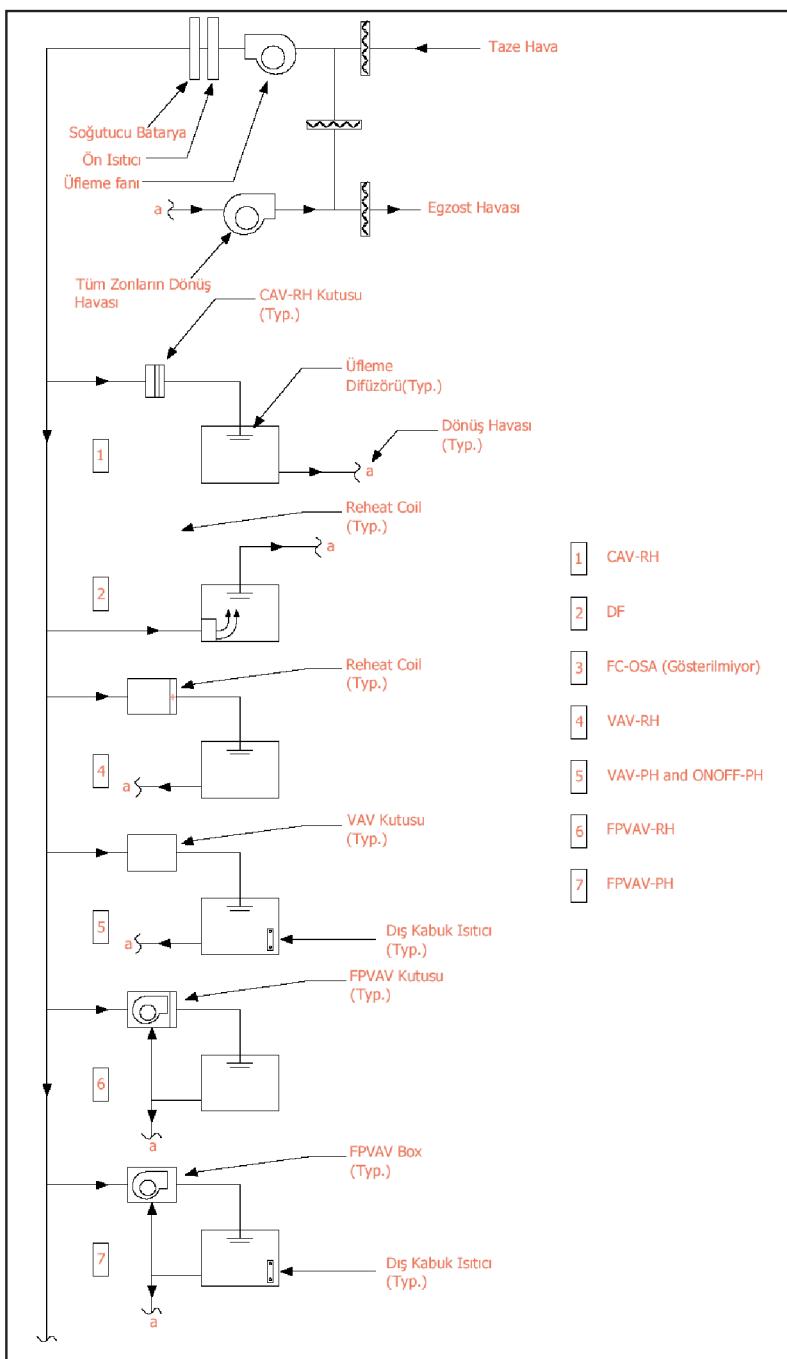
#### 2.1 Hava Taraflı Klima Uygulamaları

Klimada hava taraflı sistemlerini, iki grupta toplamak mümkündür. Sabit debili sistemlerde (CAV), klima santrali hava debisi pik yüze göre seçilir ve santral sürekli bu sabit debide çalıştırılır. Değişken debili sistemlerde (VAV) ise, yine santral debisi pik yüze göre seçilir ancak hava debisi, kısmi yüklerde konfor şartlarını bozmadan azaltılır santralden çıkan havanın sıcaklığı sabit tutulur.

Klima sistemleri hava taraflı esas alındığında aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

1. Sabit debili ve zon ısıticili (CAV- RH),
2. Yer değiştirmeli sistemler, DF (Displacement Flow),
3. Fan coil ve taze havalı sistemler FC-OSA,
4. Değişken debili ve zon ısıticili (VAV-RH),
5. Değişken debili dış kabuk ısıtmalı (VAV-PH),
6. Fanlı değişken debili ve zon ısıticili (FPVAV-RH),
7. Fanlı değişken debili ve dış kabuk ısıtmalı (FPVAV-PH),
8. Değişken debili ve fan coil'li taze havalı sistemler (VAV; FC-OSA).

Bu sistemlerin bazıları Şekil 1'de, şematik olarak gösterilmiştir.



**Şekil 1.** Sabit debili ve değişken debili klima sistemleri.

## 2.2 Hava Taraflı Doğal Soğutma Uygulamaları

Konfor klimasında doğal soğutmadan faydalananabilmek için, ticari yapının herhangi bir bölgesinin soğutma ihtiyacı olduğunda dış hava sıcaklığının (daha doğrusu entalpisinin) set edilen sıcaklık değerinin altında olması gereklidir. Örneklemek gerekirse, dış hava sıcaklığı 22°C ve mahal sıcaklığı set değeri 24°C olduğunda Şekil 1'de, gösterilen klima santrali %100 dış hava ile çalıştırılarak kısmi olarak doğal soğutmadan faydalıdır. Dış hava sıcaklığı 16°C'nin altına düşüğünde yapının o bölgesinde iç yükler nedeniyle hala soğutma ihtiyacı duyuluyorsa, o bölgenin tüm soğutma ihtiyacı herhangi mekanik soğutmalı bir sisteme geçerlilikten kılınır. Dış kabuk ısıtıcıları, iç zonun diğer dört yöne bakan dış kabuk zonlarından farklı davranışları anlaşılmaktadır. Geçiş dönemleri haricinde dış kabuk zonlarında kışın ısıtma yazın soğutma iş-

Sabit debili sistemlerden CAV- RH sistemi ile tek bir klima santrali ile birden fazla zonun ısıtılp soğutulması sağlanır. Klasik sabit debili sistemden farkı, her zona bağımsız olarak giren hava kanalı üzerinde kanal tipi ısıtıcı kullanılmıştır. Kış çalışmasında klima santrali mahallere ortam sıcaklığına yakın sıcaklıkta hava göndermeye (16-20°C), zonlardaki sıcaklık kontrolü ise zon ısıtıcıları sayesinde yapılmaktadır.

Çok yaygın olarak kullanılan Fan Coil'li sisteme, binanın ısıtma soğutma yükü FC'lerle karşılaşırken insanların temiz hava ihtiyacı ayrı bir klima santrali ile temin edilmektedir.

VAV kategorisindeki sistemler Şekil 1'de, tanımlanmışlardır, VAV-RH ve FPVAV - RH sistemler genellikle dış kabuğa yakın monte edilen VAV'larda uygulanır. Ancak bu uygulamada üfleme difüzörleri genellikle soğutma yüküne göre ve düşük hızda seçildiklerinden, daha düşük debilerdeki kış çalışmasında difüzörden çıkan düşük hızlı sıcak hava iç hava ile karışamamakta ve efektif bir ısıtma sağlanamamaktadır. Dış kabuğu radyatör veya konvektör tipi ısıtıcılar ile ısıtılan değişken debili sistemler VAV-PH olarak tanımlanır ısıtmanın doğal konveksiyon ve radyasyon ile yapılması nedeniyle zonlarda daha homojen sıcaklık dağılımı elde edilebilmektedir. Yaz çalışmasında, mahal sıcaklığı set değerinin üzerinde ise VAV damperi tamamen açık konumundadır. Set değerinin altında olması durumunda ve özellikle kış peryodunda minimum açılıkta çalışmaktadır.

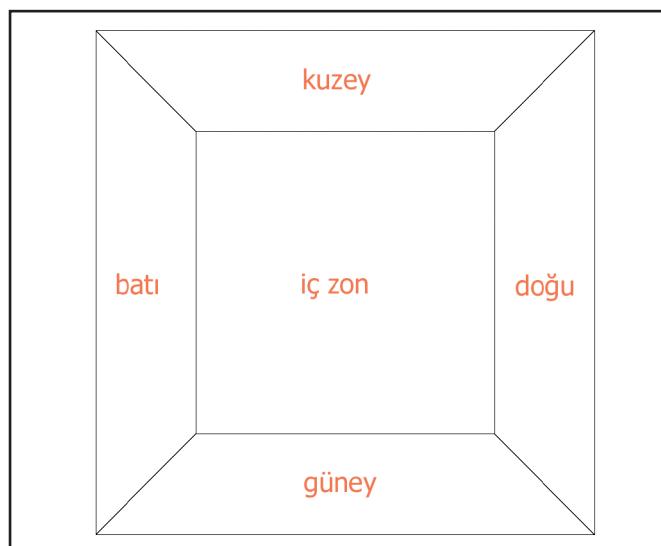
Değişken debili sistem ile FC- temiz havalı sistemin birlikte kullanılması, dış kabuk ve iç zonun farklı sistemler ile çözülmeye durumunda geçerlidir.

tiyacı ortaya çıkarken, iç kabuk zonunda herhangi bir ısı kaybı olmadığından yaz ve kış peryodlarında sadece soğutma ihtiyacı ortaya çıkmaktadır.

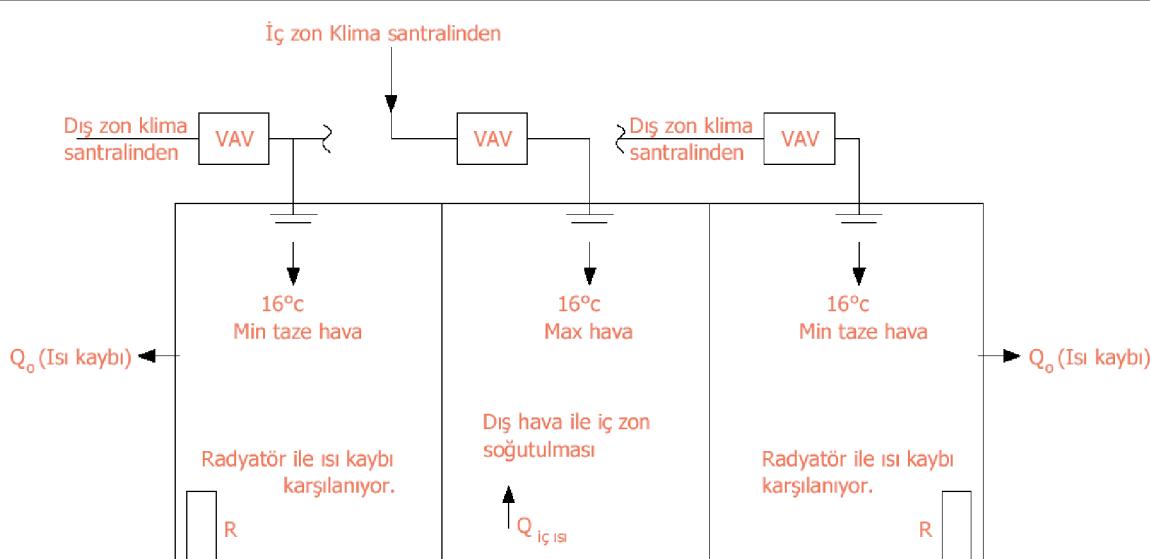
Bu bölümde, hiç ısı kaybı olmayan bir iç zondaki ısı kazancının (yaklaşık olarak  $60 \text{ W/m}^2$ ) doğal soğutma ile nasıl karşılanacağı iddelenecektir. Fan coil sistemlerde ise, doğrudan havayı kullanarak doğal soğutmadan faydalananın mümkün değildir.

Değişken debili sistemlerde doğal soğutmadan faydalananın; ancak zonlama sisteminin doğru yapılması koşulu ile mümkündür. Şekil 3'de görüldüğü gibi VAV-PH isteminde iç zonda doğal soğutmadan faydalananın için iç zon ve dış zon klima santralleri zorunlu olarak ayrılmıştır. Özellikle, kış

çalışmasında dış kabuk santrali minimumda ve %100 dış hava ile çalışırken yani dış kabuktaki insanların temiz hava ihtiyacını temin ederken (ısı kaybı radyatörler ile karşılanıyor), iç zondaki klima santrali ise iç ısı yüklerine bağlı olarak maksimuma yakın bir debide ve soğutma amaçlı çalışacaktır. Bu zonlama mantığına göre çalışan sistem, Şekil 3'de, gösterilmiştir. İç zonda kışın soğutma amaçlı çalışması gerekiğinde, VAV santralinin (Şekil 1) basit bir otomasyon sistemi ile dış havanın soğukluğundan faydallanması gerçekleştirilecektir. VAV'lı uygulamalarda iç ve dış zon için aynı klima santralinin seçilmesi durumunda bu olasılığın gerek işletme mantığı gerek iç ve dış zonun farklı davranışları nedeniyle oldukça azalacağı unutulmamalıdır.



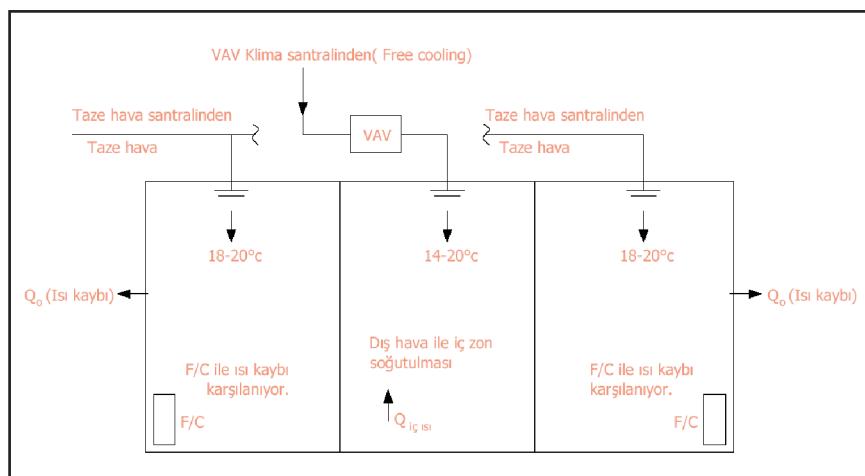
Şekil 2. Ticari bir binadaki zonlama.



Şekil 3. VAV-PH sisteminde doğal soğutma uygulaması.

Doğal soğutmanın sorunsuz olarak uygulandığı diğer bir sistem ise VAV; FC-OSA sistemidir (Şekil 4). Bu sistemde dış kabuk fan coiller ile ısıtılmış soğutulurken insanların taze hava ihtiyacı sabit debide çalışan ayrı bir temiz hava santrali ile

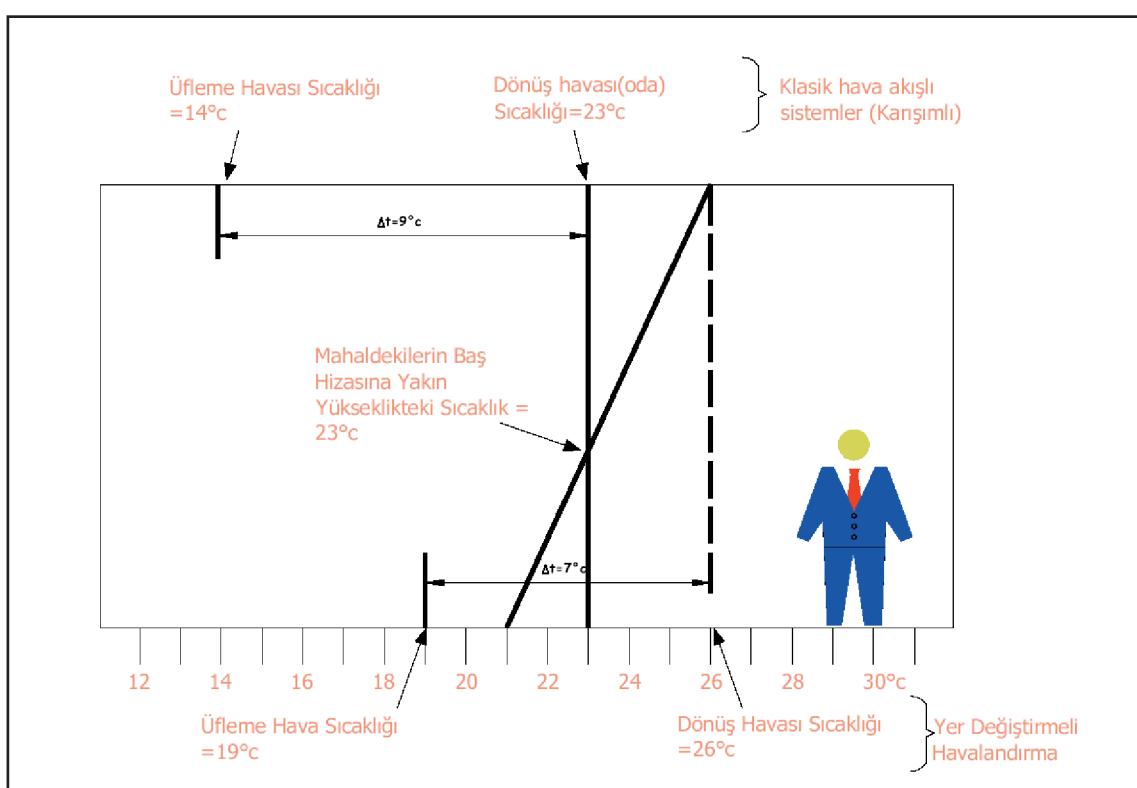
sağlanmaktadır. İç zon ise VAV sistemi ile kontrol edilmektedir, geçiş dönemlerinde ve kış işletmesinde iç zon klima santrali doğal soğutmadan maksimum kapasitede faydalananmaktadır.



*Şekil 4. VAV; FC-OSA Sisteminde doğal soğutma uygulaması.*

Yer değiştirmeli (displacement) vantilasyon sistemlerinde, bilindiği gibi şartlandırılmış hava mahale döşeme seviyesine yakın ve düşük hızda bırakılır, şartlandırılmış havanın sıcaklığı ise Şekil 5'de, görüldüğü gibi 19 °C de gönderilir, bu sıcaklık baş yükselğinde 23 °C, tavan seviyesinde ise 26°C civarındadır. Üfleme havası ile dönüş havası arasındaki sıcaklık far-

kı 7 °C gibidir. Diğer tüm havalı sistemlerde bu fark 9-10 °C civarındadır. Üfleme havası tasarım değerinin yüksek olması nedeniyle bu sistemlerde geçiş dönemlerinde doğal soğutma (free cooling) opsyonundan daha verimli şekilde faydalamak mümkündür.



*Şekil 5. Yer değiştirmeli (displacement) vantilasyon.*

## Problem

1. Ayrılan yağların ancak tahliye araçları (vidanjör, kamyon vs.) ile uzaklaştırılabilmesi

2. Yağ ayırcılarının ancak tahliye araçlarının girebileceği yerlere monte edilebilmesi



## ÇÖZÜM

### ERTEM-KESSEL "SE" M yağ ayırcıları



- Yağı ayrı, tortuyu ayrı fışılara doldurur, paketler.
- Tahliye aracına gerek duymaz. Böylece yağ ayırcıyi monte etmek istediğiniz yere tahliye aracının ulaşım, ulaşamayacağınızı düşünmenize gerek yoktur.
- Mühendislere, mimarlara ve profesyonel tasarımcılara tasarımlarında daha büyük serbestlik sağlar.

Sıhi Tesisattaki özel sorunlarınızın çözümü için ERTEM'in ürün ve hizmetlerinden faydalanan. Çözüm ERTEM'de başlar!

# er tem

Ertem Hijyen Teknolojisi A.Ş.

**Genel Merkez:** Çetin Emec Bulvarı  
6.Cadde No:65/1 06460 Öveçler/Ankara  
Tel:0312. 472 12 72 -74 • Faks: 0312. 472 12 73  
info@er tem-sanitary.com

[www.er tem-sanitary.com](http://www.er tem-sanitary.com)

Doğal soğutmanın bir başka uygulaması, gece soğutma prosesidir. Gündüz gece arasındaki sıcaklık farkının bölgelere göre 10-15 °C arasında olduğu göz önüne alınırsa, sabaha karşı dış hava sıcaklığının 20 °C ve altında olması durumunda, klima santralini soğutma gruplarını çalıştırmadan %100 dış hava ile havalandırılarak binanın sisinin düşürülmesi ve iç hava kalitesinin yükseltilmesi anlamında çok önemli katkı sağlayacağı aşıkâr-dır.

### 2.3 Su Taraflı Doğal Soğutma Uygulamaları

Bu sistemler, dış hava ile soğutma grubu su devresi arasında ısı transferi esasına göre çalışırlar. Yani dış hava sıcaklığı uygun koşullara geldiğinde ve yapının bazı bölgelerinde hala soğutma ihtiyacı varsa, soğutma grubunu çalıştırılmadan veya kısmi yükte çalıştırılarak soğutma devresi suyu soğutulmaktadır.

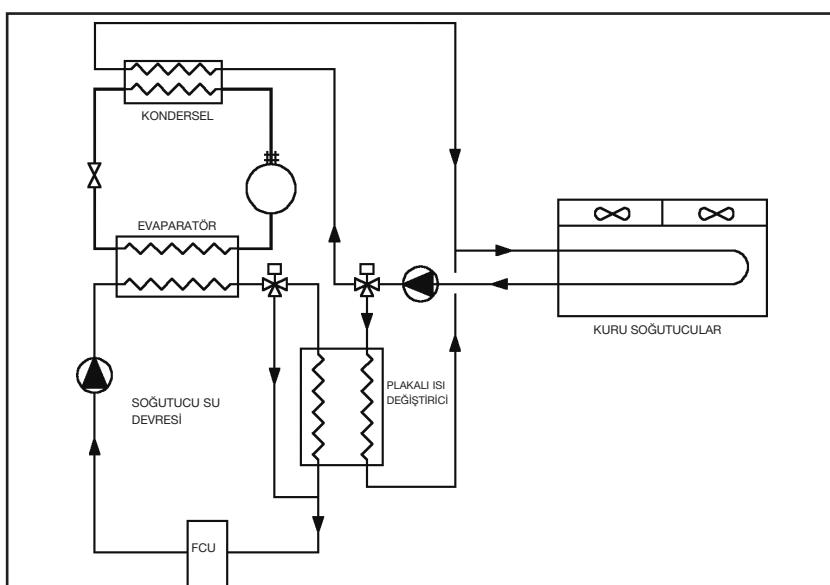
Soğutma grubu suyunu doğal soğutma ile soğutmak için kuru soğutucuları (dry cooler), yaş tip soğutucuları (wet cooler), kapalı ve açık tip soğutma kuleleri kullanan sistemlerin yanı sıra, doğrudan hava soğutmalı soğutma gruplarına ilave edilen soğutucular ile paket olarak hizmete sunulan sistemler de mevcuttur.

Bu sistemler ile genellikle fan coillerin veya %100 dış hava ile çalışma imkânı olmayan minimum sabit dış hava ile çalışan klima santrallerinin soğutucu baryalarının soğuk su ihtiyaci karşılanır.

Şekil 6'da, Moskova'da uygulaması yapılan bir alışveriş ve iş merkezi projesinde kullanılan doğal soğutma sisteminin, şematik resmi gösterilmiştir. Buradaki doğal soğutma sisteminde kuru soğutucular kullanılmıştır. Kuru soğutucular, yaz çalışmasında kondenserdeki soğutucu akışkanı yoğunluklu akışkan ile karıştırarak mevsimlerde ve kışın doğal soğutma amaçlı kullanılmıştır.

Yapıdaki klima sisteminde, dış kabuktaki ısı kaybı radyatörler ile karşılanırken iç ve dış zondaki soğutma yükü yüksek basınçlı fan coiller ile karşılanmıştır. Bu nedenle, özellikle alışveriş merkezlerinde fan coillerin ihtiyacı olan soğuk su, ara mevsimlerde ve kışın soğutma gruplarını çalıştırmadan doğal soğutma ile elde edilmiştir.

Dış hava sıcaklığının -30 °C'lere ulaşması nedeniyle, kuru soğutucular tarafından ciddi bir antifriz yüklemesi yapılmıştır.



Şekil 6. Doğal soğutmalı çevrimi.

Benzer uygulamalarda kuru soğutucu (dry cooler) yerine yaşı soğutucu (wet cooler) veya kapalı tip soğutma kulesi kullanmak mümkündür. Eğer sistemde açık tip soğutucu kullanılacaksa, dış hava sıcaklığının  $0^{\circ}\text{C}$ 'nin altında olması durumuna ve kulede suyun donmasına karşı gerekli önlemler alınmalıdır.

Su tarafı doğal soğutmanın diğer bir avantajı da, mevcut soğutma sistemine adaptasyonunun çok kısa zamanda ve düşük maliyetle yapılabilmesidir.

### 3. Endüstride Doğal Soğutma (Free Cooling)

#### Uygulamaları

Endüstride doğal soğutmanın kullanılması, tipki konfor klima-sında olduğu gibi dış havanın soğukluğundan faydalama prensibine dayanır. Plastik baskı makinelerinde, baskı makinelerinde doğal soğutma uygulamaları sıkça kullanılmaktadır.

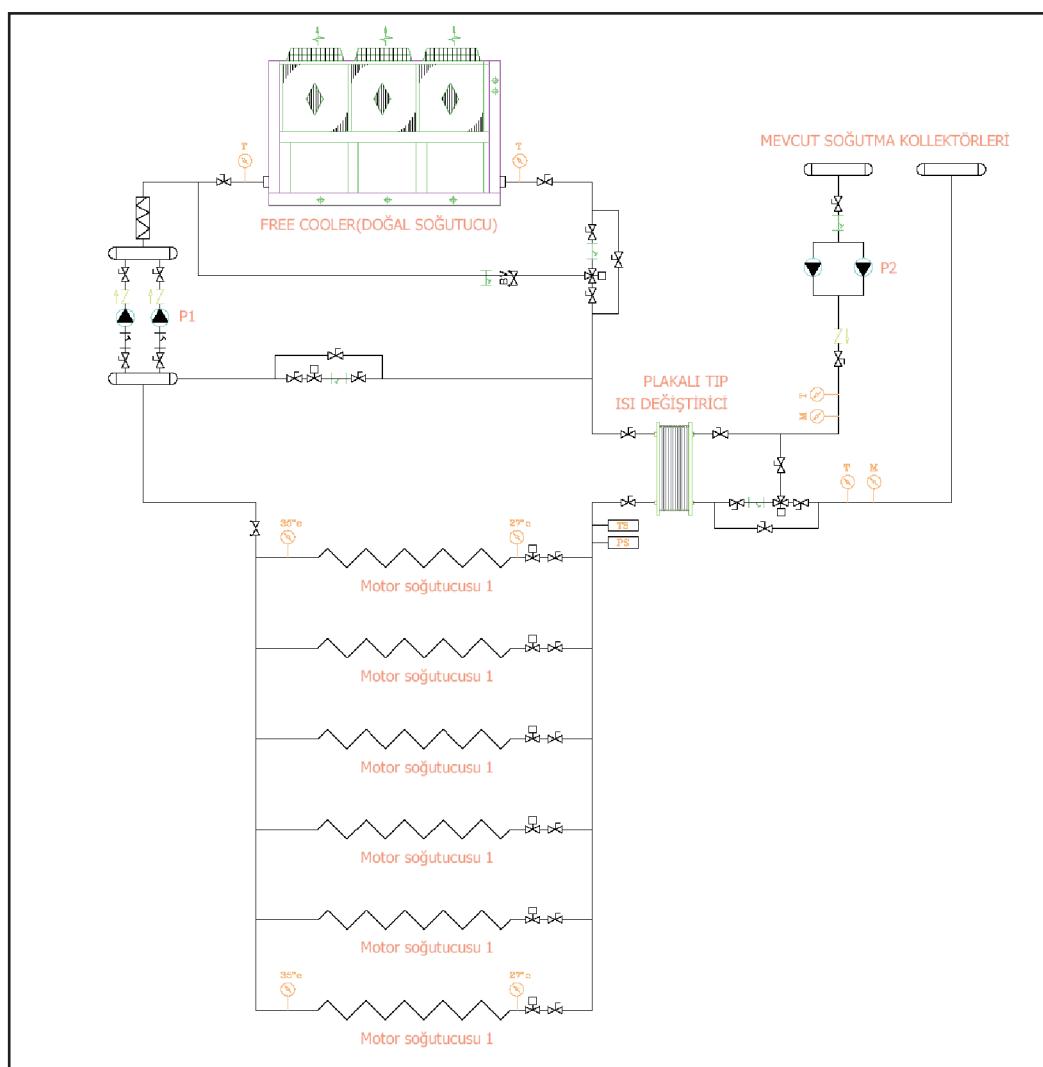
Bu bölümde İstanbul'da bir baskı tesisinde baskı makineleri motorlarının soğutulması için kullanılan doğal soğutma (free cooling) sistemi hakkında bilgi verilecektir.

### 3.1 Tasarım Kriterleri

Baskı makinesi imalatçı firmanın su soğutmalı motorlar için istediği kriterler aşağıda açıklanmıştır:

- Motor soğutma suyu giriş sıcaklığı  $27^{\circ}\text{C}$ ,
- Motor soğutma suyu çıkış sıcaklığı  $35^{\circ}\text{C}$ ,
- Motorlara giden suyun debisi  $13 \text{ m}^3/\text{h}$ ,
- Çalışma saatleri 20-04 (365 gün),
- Toplam soğutma kapasitesi  $120 \text{ kW}$ .

Yukarıdaki kriterler özellikle baskı makinelerinin gece çalışacağı göz önünde tutularak geliştirilen soğutma sistemi, Şekil 7'de gösterilmiştir. Baskı makineleri motor soğutucusundan çıkan su, P1 pompası yardımıyla Dry Cooler'a gönderilir. Soğutucuda soğuk hava ile soğutulan su ( $27^{\circ}\text{C}$ ), daha sonra plakalı tip ısı değiştiricisine gönderilir. Dış hava kuru termometre sıcaklığına bağlı olarak çalışan Dry Cooler'da soğutulan suyun sıcaklığı,  $27^{\circ}\text{C}$ 'nin üzerine çıkması durumunda  $6/12^{\circ}\text{C}$  su rejiminde çalışan plakalı ısı değiştiricisinde, ikincil bir soğutmaya tabi tutulur.



*Şekil 7. Motor suyu soğutma sistemi.*

Kış çalışmasında dış hava sıcaklığının  $0^{\circ}\text{C}$ 'nin altına düşmesi olasılığı göz önünde tutularak su devresinde anti freze kullanılmıştır. Dry cooler cihazı, dış hava sıcaklığının  $22^{\circ}\text{C}$  olması durumunda proses suyu sıcaklığını  $35^{\circ}\text{C}$  den  $27^{\circ}\text{C}$  ye düşürecek şekilde tasarlanmıştır.

### 3.2 Enerji Analizi

Kuru soğutucuda  $13 \text{ m}^3/\text{h}$ 'lik suyun sıcaklığını  $35^{\circ}\text{C}$ 'den  $27^{\circ}\text{C}$ 'ye düşürmek, yani  $121 \text{ kW}$ 'lık ısı yükünü karşılamak için  $2 \text{ kW}$ 'lık 3 adet aksiyel fan kullanılmıştır. Fanların çektığı güç ise toplam  $3,9 \text{ kW}$  olarak ölçülmüştür. Sistemin COP değeri, 30 civarındadır.

Bu ısı yükünün tümü hava soğutmalı soğutma grubu tarafından karşılanması durumunda, soğutma grubu COP'si 3 civarında olduğu kabul edilirse, tüketilen enerji  $121/3 = 40 \text{ kW}$  civarında olur.

Sonuç olarak, kurulan doğal soğutma sistemi ile %90 oranında enerji tasarrufu sağlanmış ve sistem kendini 5 ayda amorti etmiştir (ref.).

### 4. Sonuç

Ülkemizde, klima veya ısıtma sistemlerinde enerji tasarrufu deyince genellikle ilk aklı gelenler; ısı geri kazanım sistemleri, hız kontrollü cihazlar ve yalıtımdır. Bu çalışmada binada konfor şartlarını yükseltirken enerji tasarrufunun da yapılabileceği, bunun için sistem seçiminin ve zonlamanın ne kadar önemli olduğu anlatılmaya çalışılmıştır. Yatırımcılar enerji tasarrufu konusunda sadece işletme maliyeti anlamında değil, çevre duyarlılığı anlamında da bilgilendirilmelidir.

Geceleyin ışık saçan binalar yerine, çevreyle uyumlu binaların ön plana çıkarılması için yatırımcılar ve işletmeciler üzerinde, gerek mevzuatlar gerekse ilgili sivil toplum kuruluşlarında baskı kurulmalıdır.

Her ne kadar bu çalışmanın konusu olmasa da, sistem seçiminde özellikle su kaynaklı ısıtma sistemleri de (özellikle yapıda aynı anda zonlar arasında ısıtma ve soğutma ihtiyacı olması durumunda) unutulmamalıdır.

### 5. Kaynaklar

- [1] MORTEZA, M., "Evaluation of HVAC System Operational Strategies For Commercial Buildings" Energy Convers. Mgmt. Vol.38. No. 3 1997.
- [2] MORTEZA, M., "Evaluation of Variable Volume And Temperature HVAC system For Commercial and Residential Buildings" Energy Convers. Mgmt. Ol. 37 No. 9 1996.
- [3] HARD, M., "A Practical Guide to Free Cooling, Alternative Cooling, Night Cooling and Low Energy Systems" Alternative Cooling and Low Energy Systems- Ambit-hair Feature 2002.
- [4] BUTLER, D., "Air Conditioning Using Displacement Ventilation Free Cooling" BRE Environmental Engineering Centre 2003.
- [5] BİLGE, M., "Endüstride Free Cooling (doğal Soğutma) Uygulaması" Termodinamik Dergisi Temmuz 2001.

#### Yazar:

**Dr. Mustafa BİLGE**

1979 yılında Sakarya Üniversitesi'nden Makine Mühendisi olarak mezun olmuştur. 1981 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi'nden Yüksek Mühendis, 1988 yılında da Doktor unvanı almıştır. Halen kurucusu olduğu Mecon firmasında Şirket Müdürü olarak çalışmaktadır ve Yıldız Teknik Üniversitesi'nde lisansüstü seviyesinde ders vermektedir.

## Sürdürülebilir Bir Çevre İçin...



### Serbest Topoloji ve Sistem Entegrasyonu

novaNET BACnet Modbus RTU M-Bus PROFI LonWORK EIB



Otomasyon İstasyonları

Oda Kontrol Sistemi



İşletim Üniteleri Dokunmatik Ekran



novapro ile Yönetim Seviyesi  
CASE : Tasarlama ve Konfigürasyon Yazılımı



# Bir Okul Binasında Güneş Bacası ve Yeraltı Çukuru ile Doğal Havaalandırma Sistemi

## Natural Ventilation System for a School Building Combined with Solar Chimney and Underground Pit

Yoshiteru S., Ken-ichi K., Hiromasa K., Sung-ki S.

Ceviren: Mak. Yük. Müh. Nejat Demircioğlu

### Özet

*Bu makalede, bir okul binasına yerleştirilerek bir güneş-bacasi ve bir yer altı çukuruyla birleştirilen doğal havaalandırma sisteminin ortaya koyduğu olanaklar ve dört yıl boyunca yapılan ölçüm sonuçları açıklanmaktadır. Yaz aylarında ve aramевsimlerde dış hava dört katlı binaya kuzey yönünde bulunan bir giriş ağzından çekilipli yer altı çukurundan geçirilerek değişik meskun-mekanlara gönderilmekte ve odalardaki hava, bir baca etkisi oluşturmaktan veya rüzgarın çekme etkisinden yararlanılmak üzere bina çatısı üzerinden 8 m yüksekliğe kadar çıkan bir güneş bacası yoluyla boşaltılmaktadır (egzoz).*

*Dört yıl boyunca okulun açık olduğu dönemlerde yapılan ölçümler, doğal havaalandırma sistemi yerleştiril- dikten sonra binanın enerji performansının yıldan yıla iyileştiğini göstermektedir. Güneş bacalı havaalandırma sistemlerinin gelecekteki tasarımlarını yönlendirmesi bakımından, sistem performansındaki iyileşmeler hakkında bazı düşünceler de verilmektedir.*

### Abstract

*The specific features of natural ventilation system combined with solar chimney and underground pit installed in a new school building and the measured results for four years are described. In summer and intermediate seasons outside air is introduced into the building of four stories through underground pit from the intake provided in the north end, brought into the different occupied rooms from which the room air is discharged to outside through the solar chimneys of 8 meters high above the roof by chimney action or pulling out action by wind. The measured results for four years after opening the school showed that the energy performance has improved year after year owing to the natural ventilation system. Some consideration on the improvements in the*

### 1. Giriş

Sıcak ülkelerin kendilerine özgü mimarisinde görülebileceği gibi, doğal havaalandırma için havaya güneş enerjisinden yararlanarak kaldırma kuvveti sağlayan olasılıkla güneş bacalarıdır. Bu etki, dış hava sıcaklığını düşürmek ve meskun mahalere soğuk hava girmesini sağlamak üzere yapılan bir yer altı çukuru ile birleştirilerek iki katına çıkartılabilir. Güneş bacalı ve yeraltı çukurlu bir doğal havaalandırma sistemi Şekil 1'de görülen ve Japonya'nın batısında bulunan Kitakyushu Üniversitesi binalarına uygulanmıştır. Besleme ve egzoz hava hacimleri ile birlikte havaalandırma sisteminin performansı ve soğutma etkisi, hava faktörleri arasındaki ilişkiler, iç ve dış mahal sıcaklık farkları ve güneş bacasının egzoz ettiği hava hacmi gibi özelliklere ilişkin dört yıllık sonuçlar özetlenmektedir.

### 2. Binanın ve Sistemin Ana Çizgileri

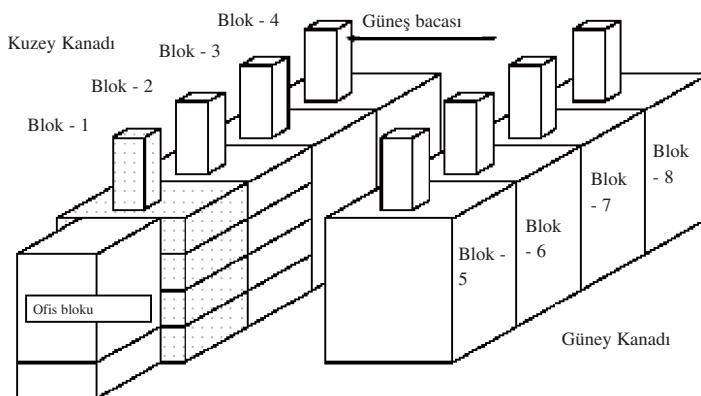
Ana bina iki yapıdan oluşmaktadır: Şekil 3'de gösterildiği gibi ofis bloğunun bağlı olduğu kuzey kanadı ve güney kanadı. Kuzey kanadı, eşit büyüklüklü dört bloğa ayrılmıştır. Yerinde yapılan ölçümler uzun bir süreyi kapsamak üzere 10 dakikada bir kuzey kanadındaki Blok 1'de gerçekleştirilmiştir. Şekil 4, sağ tarafta, doğal havaalandırma sırasında havanın yer altı çukurundan güneş bacasına doğru geçiş yolunu, sol tarafta ise yardımcı iklimlendirme sisteminde havanın geçiş yolunu göstermektedir. Dışarıdaki hava giriş menfezlerinin açılması ile doğal havaalandırma başlamaktadır. Isıtma mevsiminde ısı kayıplarını önlemek için doğal havaalandırma çalışmamakta; fakat dış mahalden daha sıcak olan yer altı çukurundan geçirilen taze hava verilmektedir. Programlı çalışma, ikinci yıldan itibaren başlatılmıştır.



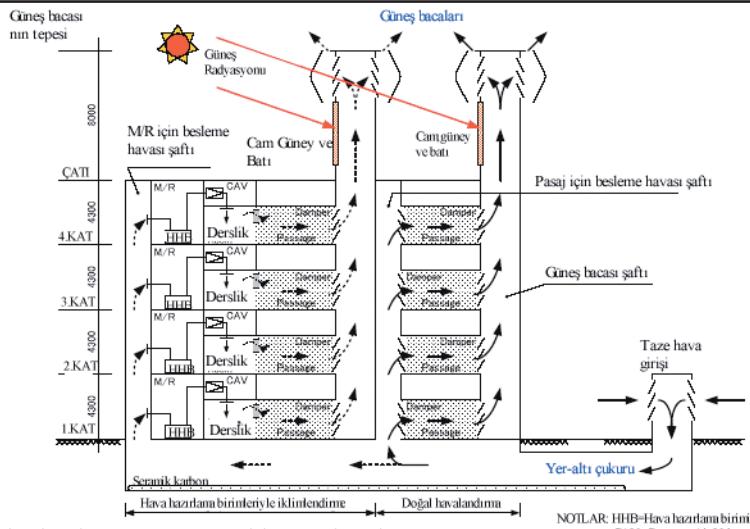
**Şekil 1.** Ana binanın güney-batı yönünden dış görünüşü.



**Şekil 2.** Çatıdaki güneş-bacısı.



**Şekil 3.** Kuzey kanadında ölçüm yapılan blok.



**Şekil 4.** İklimlendirme sistemi (solda) ve doğal havalandırma (sağda) sistemleri için hava geçiş yolları.

**Dimplex**

## Isı Depolu Radyatör

**Havak**  
temiz hava herkese, heryere ...

### Elektrikle ucuza isının...

İngiltere'nin en ince tasarımlı ve beğenilen ısı depolu radyatör serisi, size verimli, ekonomik ve bakım gerektirmeyen bir isınma çözümü sunuyor...

İslı depolu radyatörlerin tasarım amacı kullanıcının elektrik enerjisini düşük tarifeden satın almasına imkan vermektedir. Sistemin ısıtıcı gece boyunca düşük tarifeden çalışarak radyatör içinde depo görevi gören tuğlayı ısıtır. Gün içerisinde bu ısı, kontrollü olarak ortamın ısıtılmasında kullanılır.

#### Neden Elektrikli Isıtıcı?

- Tesisat gerektirmeden kolayca monte edilir.
- Sisteme ısıtıcı eklemek veya çıkarmak çok basittir.
- İnce ve sık tasarıma sahiptir.
- Her ısıtıcı ayrı çalıştığından odalar arası tam istenilen sıcaklık dağılımı elde edilir. Konfor ve tasarruf sağlarılar.
- Elektrikli ısıtıcılar yakıtlı ısıtıcılara göre satın aldığımız enerjinin çok daha fazlasını enerjiye çevirirler, verimlidirler.
- Sürekli hareketli parça bulunmadığından bakım masrafı azdır.



**HAVAK ENDÜSTRİ TESİSLERİ TİC. LTD. ŞTİ.**

Çaycılar Sokak No. 42 Topçular 34050 İSTANBUL

Tel : (0212) 612 27 74 - 501 20 08

Faks : (0212) 501 35 25

E-posta : info@havak.com Web : www.havak.com

**Havak**

**A  
F  
AQ**

**ISKİD**  
İLK İNŞAAT İKAMET İKAMET  
KÜTA HALAYOLARI DERNEĞİ  
Düyesidir.

### 3. Doğal Havalandırma Sisteminin Performansı

#### 3.1 Soğutma ve Isıtma Dönemleri

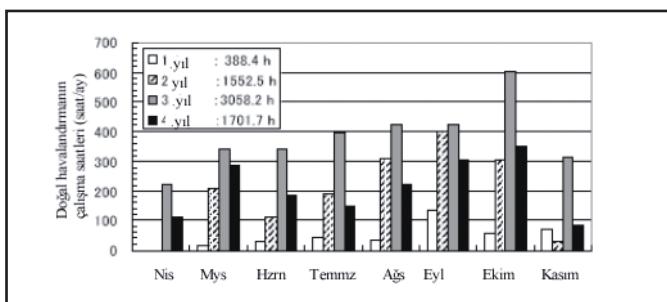
Tablo 1'de, soğutma ve ısıtma dönemlerinde doğal havalandırma uygulanan gün sayıları gösterilmiştir. Doğal havalandırmanın soğutma dönemi üçüncü ve dördüncü yılda toplam günlerin % 57'sini kapsamak üzere yıldan yıla gelişme gösterirken, ısıtma dönemi son iki yılda % 43'e azalmıştır.

Yıl	1.ci	2.ci	3.cü	4.cü
Dönem	365	365	365	365
Soğutma	185	170	209	211
Isıtma	180	195	157	154

**Tablo 1.** Isıtma ve soğutma dönemlerindeki gün sayısı.

#### 3.2 Doğal Havalandırmanın Çalışma Dönemi

Şekil 5, koridorlara besleme havası veren menfezlerin açık olduğu sürelerden hesaplanmış olan doğal havalandırma aylık saat sayısını göstermektedir. Doğal havalandırmanın çalışma saatleri üçüncü yılda 3058 saat iken dördüncü yıl 1702 saatte değişmektedir. Bu azalma üçüncü yılda sıcak ve dördüncü yılda soğuk geçen yaz aylarına bağlanabilir. Dördüncü yılda %25 artan öğrenci sayılarının da bu değişme üzerinde bir etkisi olabilir.



**Şekil 5.** Doğal havalandırmanın aylık çalışma saatleri.

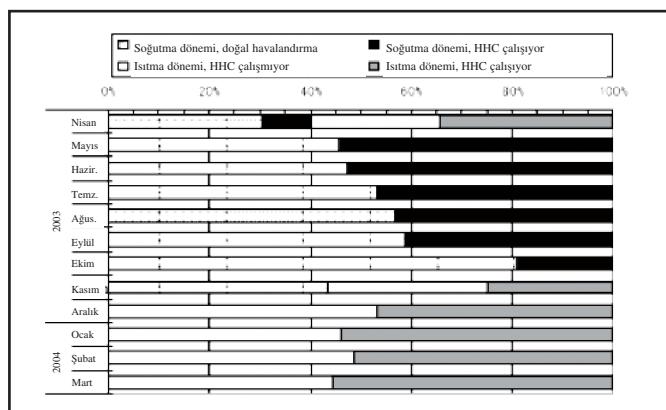
#### 3.3 Doğal Havalandırma Döneminde Hava

##### Akış Hacmi (debi)

Gerçekte dört katın tuvaletlerini boşaltmak amacıyla oldukça büyük bir egzoz fanının yerleştirilmesi, doğal havalandırmanın performansını etkilemiştir. Giriş ağzından yer altı çukuruna ve çukurdan güneş bacasına doğal havalandırmadaki hava hacmi, tuvaletlere ait egzoz fanının çalışıyor olup olmamasına bağlı olarak değişmektedir.

#### 3.4 Doğal Havalandırma Altındaki Soğutma Etkisi

Doğal havalandırmanın iki tür etkisinden söz edilebilir: Birincisi, yer altı çukuru yardımıyla taze havanın soğutulmasına ilişkin etki olup, ikincisi ise yer altı çukurundan geçirilen havanın güneş bacasından çıkana kadar bina iskeleti üzerindeki soğutma etkisidir. Yeraltı çukurundan verilen besleme havası



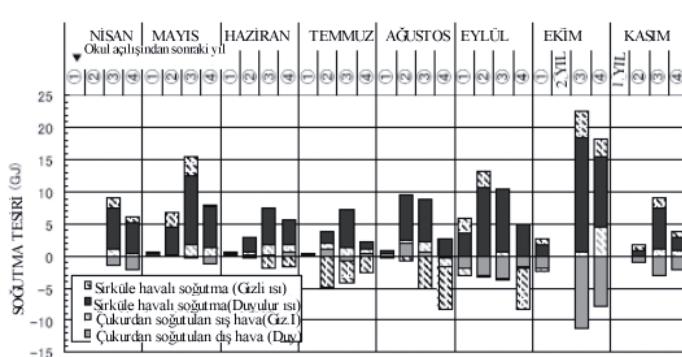
**Şekil 6.** Üçüncü yılda doğal havalandırma ve HHC'nin ısıtma ve soğutma dönemlerindeki çalışma saatleri yüzdeleri.

hacmi ile güneş bacasından boşaltılan hava hacminin, içerisinde bulunan insanların davranışlarındaki değişimeye paralel olarak yıldan yıla artma eğiliminde olduğu anlaşılmaktır. Dört yıl boyunca yer altı çukurundan verilen 6,100 m<sup>3</sup>/h ve güneş bacasından boşaltılan 4,100 m<sup>3</sup>/h hava hacimlerinin önemli bir karakteristik sergiledikleri gözlenmiştir.

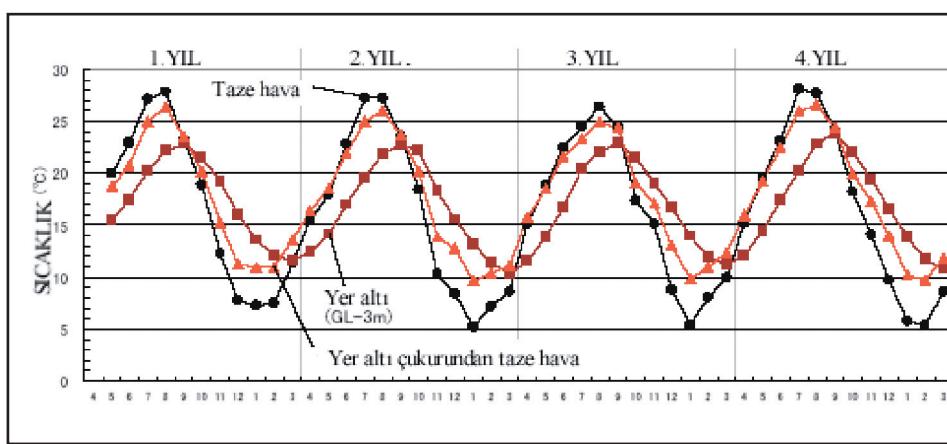
Okulun açılışından sonraki yıl	Yer altı çukuru tarafından soğutulan taze hava	Sırülasyon havası ile soğutulan bina iskeleti	Toplam
1.ci	-4.74	10.14	5.40
2.ci	1.03	26.59	27.63
3.r.cü	-9.91	68.80	58.89
4.cü	-7.50	24.80	17.30

**Tablo 2.** Yer-altı çukurunun soğutma tesiri.

Şekil 7 ve Tablo 2, doğal havalandırma altında soğutma tesiri değerlerini göstermektedir. Görüleceği gibi, yeraltı çukurundaki duyular soğutma tesiri ilkbahar ve yaz için negatiftir.



**Şekil 7.** Doğal havalandırma sisteminin aylık soğutma tesiri.



**Şekil 8.** Taze hava, yer altı ve yer altı çukurundan gelen hava sıcaklıklarındaki yıllık değişimler.

Bu durum, Şekil 8'de gösterildiği gibi yeraltının pik sıcaklığı ulaşmasının dış hava-ya göre 1 ay gecikmesine ve geceleri içeri verilen taze havanın yer altı çukurunda doğal havalandırma ile çok az ısıtlmasına bağlanabilir. Bununla birlikte, hava hala soğuk olduğundan binayı soğutmak üzere içeri girer. Hava kışın meskun mahallere ulaştığında, yer altı çukurunda ısnanın hava bir ısıtma etkisi taşıyacaktır.

#### 4. Yer Altı Çukuru İçinde Değiştirilen Isı Miktarı

##### 4.1 Hava Hazırlama Birimi (HHB)'nin Çalışma Saatleri

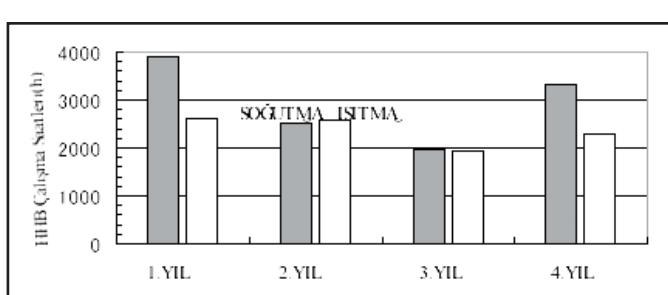
Şekil 9'da, HHB'nin yıllık çalışma saatlerindeki değişimler gösterilmiştir. Dördüncü yılında, soğutma ve ısıtma dönemlerinde HHB'nin çalışma saatleri sırasıyla %68 ve %18 artış göstermiştir. Bunun nedeni, genelde artan öğrenci sayısı ve yazların daha sıcak geçmesidir.

##### 4.2 Yer Altı Çukurunda Değiştirilen Isı Miktarı

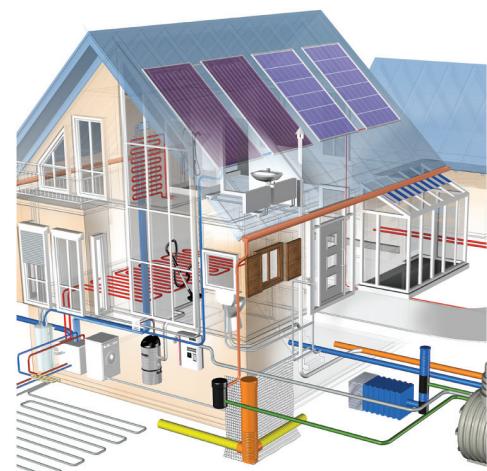
Dördüncü yılda yer altı çukurunda değiştirilen ısı miktarı soğutma döneminde 34.9, GJ ve ısıtma döneminde 20.4 GJ iken, 3.yılda bu miktarlar soğutmada 39.2, GJ ve ısıtmada 38.5 GJ olarak gerçekleşmiştir. Tablo 3'de ay içerisinde yer altı çukurunda değiştirilen ısı miktarının değişmesi gösterilmektedir.

Dördüncü yılda soğutma dönemindeki maksimum değer, yüksek giriş sıcaklıkları nedeniyle yer altı çukurundaki hızların 0.5 m/s'nin altına düşmesinden olabilir.

Soğutma döneminde, Ağustos'taki  $5.58 \text{ kJ/m}^3$  ve ısıtma döneminde Ocaktaki  $2.97 \text{ kJ/m}^3$  en büyük aylık ısı değiştirme değerleri, yer altı çukurundan aylık olarak geçen toplam hava hacmi temelindedir. Bu değerler bize önceki üç yıla göre yer altı çukurundaki ısı değiştirme etkinliğinin kötüleşmediğini göstermektedir.



**Şekil 9.** HHB çalışma saatlerindeki eğilim.



#### Yapı Tekniği

- Yerden Isıtma-Serinletme Sistemleri
- Duvardan Isıtma Sistemleri
- Sıhhi Tesisat Sistemi RAUTITAN
- Yağmur Oluğu Sistemleri
- Merkezi Toz Emme Sistemi VACUCLEAN
- Sessiz Atık Su Tesisat Sistemi RAUPIANO Plus
- Elektrik Kablo Kanalları
- Güneş Enerjisi Sistemleri REHAU SOLECT
- Fotovoltaik Sistemler
- Beton Alan Isıtma Sistemleri



**gentem**  
MÜHENDİSLİK VE MAKİNA SANAYİ LTD. ŞTİ.

[www.gentem.com.tr](http://www.gentem.com.tr)

1. Cad. No: 67/12 Balgat - ANKARA  
Tel: (0312) 286 80 49 Pbx Fax: (0312) 286 82 06  
e-mail: gentem@gentem.com.tr

Dönem	1. yıl	2. yıl	3. yıl	4. yıl
<b>Soğutma</b>	Temz- 01 2.99 kJ/m <sup>3</sup>	Temz-02 3.0 kJ/m <sup>3</sup>	Ağst-03 4.75 kJ/m <sup>3</sup>	Tmz-04 5.58 kJ/m <sup>3</sup>
<b>Isıtma</b>	Aralık-01 3.87 kJ/m <sup>3</sup>	Ocak-03 2.98 kJ/m <sup>3</sup>	Ocak-03 4.06 kJ/m <sup>3</sup>	Şubat 04 2.97 kJ/m <sup>3</sup>

**Tablo 3.** Yer altı çukurunda maksimum ısı değişimi.

5.01 GJ/(kişi.yıl) veya metre kare döşeme alanı başına sırasıyla 0.231 GJ/(m<sup>2</sup>.yıl) ve 0.311 GJ/(m<sup>2</sup>.yıl) olmuştur ve bu değerler önce iki yıldan daha düşük olarak gerçekleşmiştir.

Okulun açılışından sonraki yıl	Veri dönemi	Soğutma dönemi (GJ)			Kayıtlı insan sayısı			Kayıtlı insan başına iklimlendirme için enerji (GJ/Kişi.yıl)	Döşeme alanı başına iklimlendirme için enerji (1~4F) * (GJ/m <sup>2</sup> .yıl)
		Soğutma dönemi (GJ)	Soğutma dönemi (GJ)	Toplam (GJ/yıl)	Ofis bloku (kişi)	Kuzey kanadı (kişi)	Toplam (kişi)		
1.	May/2001 ~Nis./2002	1,919	3,630	5,549	48	329	377	14.72	0,275
2.	May/2002 ~Nis./2003	1,734	3,456	5,190	41	598	639	8.12	0,257
3.	Nis./2003 ~Mar./2004	1,278	3,389	4,667	46	920	966	4.83	0,231
4.	Nis/2004 ~Mar./2005	2,201	4,077	6,278	47	1207	1254	5.01	0,311

**Tablo 4.** Test sonuçları.

## 5. Tartışma

Güneş bacalı doğal havalandırma sistemlerinin performansını artırmak üzere, gelecekteki tasarımlarına yönelik iyileştirmelerden bazıları aşağıdaki gibi verilebilir:

1. Güneş bacasında yüksek bir tahrik kuvveti elde etmek amacıyla birincil önemde olan husus, sürtünme kayıplarının düşürülmesidir. Bu binadaki güneş bacası, mimari şemadaki bazı sorunlar nedeniyle havanın geçiş yolu üzerinde bir takım diresekler ve büüküler içermektedir.

2. Yükseklik ve yatay boyutlar temelinde, güneş bacasına optimal bir şekil vermek üzere basit bir yöntem belirlenmelidir.

3. Güneş bacası ile yer altı çukuru arasındaki optimum ilişkiler belirlenmelidir. Bu binadaki yer altı çukurunun kesiti ve uzunluğu biraz küçük yapılmıştır.

4. Doğal havalandırma sistemi ile yardımcı iklimlendirme sisteminin doğru bir bileşimi araştırılmalıdır. Bu binadaki sistem biraz karmaşık görünmektedir.

5. Sistem tasarımindan içeriklerin davranışları dikkate alınmalıdır. Örneğin, açılan pencereler için bir sinek teli düşünülebilir.

## 6. Sonuç

1. Doğal havalandırma saatleri, yıldan yıla artmıştır. Üçüncü yıldan dördüncü yıla doğal havalandırma, soğutma döneminin 5016 saatle ve bu saatler içerisinde 58.9 GJ soğutma tesiri ile gerçekleşmiştir. Buna, içinde bulunanlara doğal havalandırma çalışırken HHB'ni devreye sokmamaları için verilen bir talimat olarak bakılabilir.

## 4.3 İklimlendirme İçin Kullanılan Enerjide Düşüş Yüzdesi

Tablo 4'de, kuzey kanadı ve ofis bloku için bina gözleme merkezi tarafından kaydedilen, iklimlendirme amaçlı enerji kullanımındaki değişimleri göstermektedir.

Dördüncü yılda iklimlendirme amacıyla enerji kullanımı soğutma döneminde 2.201 GJ ve ısıtma döneminde 4.077 GJ olmuştur. Okul açıldıktan sonraki her yıl, öğrenci sayısında artış olmuştur. Üçüncü ve dördüncü yılda iklimlendirme amaçlı enerji kullanımı soğutmadada 4.84 GJ/(kişi.yıl) ve ısıtmada

2. Okulun açılışından sonraki 3.yilda HHB çalışırken yer altı çukurunda gerçekleştirilen ısı değişimi 71.7 GJ olarak bulunmuştur. Yer altı çukurunda aylık toplam değiştirilen ısı miktarı soğutma döneminde 4.75 kJ/m<sup>3</sup> ve ısıtma döneminde 4.06 kJ/m<sup>3</sup> olmuştur.

3. Okulun açılışından sonraki üçüncü yılda, kuzey kanadında ve ofis bloğunda iklimlendirme amaçlı enerji kullanımının 4.83 GJ/yıl veya 0.231 GJ/m<sup>2</sup> bunun bir önceki yıldan öğrenci sayılarındaki artış nedeniyle daha düşük olduğu belirlenmiştir. HHB çalışırken taze hava yükünü yer altı çukurunun kullanım yoluyla azaltmanın etkisinin okulun açılmasından sonraki üçüncü yılda soğutma dönemi için %30.7 ve ısıtma dönemi için %11.3 olduğu anlaşılmıştır. Kuzey kanadı ve ofis bloğu için iklimlendirme amaçlı enerji kullanımı soğutma döneminde %12.3 ısıtma döneminde %3.8 olarak gerçekleşmiştir.

## Çeviren

**Mak. Yük. Müh. Nejat Demircioğlu**

YTÜ Makine Mühendislik Fakültesi'ni bitirdikten sonra, aynı üniversitede lisansüstü eğitimini tamamlamış, ABD'de kısa süreli bir Air Conditioning programından sertifika alarak DEU IMYO'da soğutma sistemleri programını yürütmüş ve bu görevden emekli olmuştur.